

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner
 US Department of Commerce
 United States Patent and Trademark
 Office, PCT
 2011 South Clark Place Room
 CP2/5C24
 Arlington, VA 22202
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE
 in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 24 November 2000 (24.11.00)	
International application No. PCT/DE00/00991	Applicant's or agent's file reference TIZO1/PCT
International filing date (day/month/year) 01 April 2000 (01.04.00)	Priority date (day/month/year) 29 April 1999 (29.04.99)
Applicant KÖRNER, Klaus et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:
 24 October 2000 (24.10.00)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was
☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO
 34, chemin des Colombettes
 1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer

Henrik Nyberg

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : G01B 11/24		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/66972
		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:	9. November 2000 (09.11.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/00991 (22) Internationales Anmeldedatum: 1. April 2000 (01.04.00) (30) Prioritätsdaten: 199 19 584.6 29. April 1999 (29.04.99) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): UNIVERSITÄT STUTTGART [DE/DE]; Keplerstrasse 7, D-70174 Stuttgart (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KÖRNER, Klaus [DE/DE]; Birkenweg 7, D-15566 Schöneiche (DE). TIZIANI, Hans [CH/DE]; Haldenstrasse 80, D-71254 Ditzingen (DE). (74) Anwalt: PIETRUK, Claus, Peter; Im Speitel 102, D-76229 Karlsruhe (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.	

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR SCANNING OBJECTS

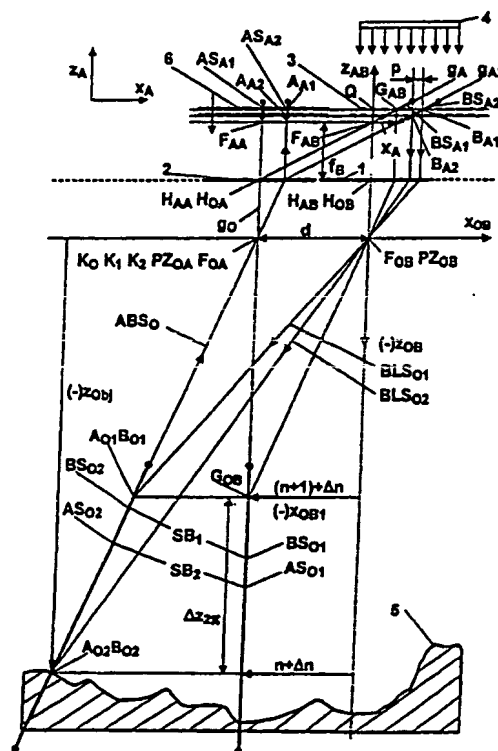
(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR OBJEKTABTASTUNG

(57) Abstract

The invention relates to a device for detecting objects in a three-dimensional manner. The inventive device comprises at least two illustration systems which are provided with projection lenses facing the object. At least one illustration system is configured as an observation system for observing objects and at least one illustration system is provided with an elementary means that can be moved in front of the projection lens. The elementary image of the elementary means moves through the object space on an image point line. According to the invention, the elementary means is configured as a moveable elementary means with a lateral component in relation to the optical axis of the projection lens. The observation system is arranged along the image point line for observation.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur dreidimensionalen Objekterfassung mit wenigstens zwei Abbildungssystemen, die dem Objekt zugewandte Abbildungsoptiken aufweisen, wobei wenigstens eines als Beobachtungssystem zur Objektbeobachtung ausgestaltet ist und wenigstens eines ein vor der Abbildungsoptik bewegliches Elementarmittel aufweist, dessen Elementarbild sich auf einer Bildpunktlinie durch den Objektraum bewegt. Hierbei ist vorgesehen, dass das Elementarmittel als mit Lateralkomponente zur optischen Achse der Abbildungsoptik bewegliches Elementarmittel ausgebildet ist und das Beobachtungssystem zur Beobachtung längs der Bildpunktlinie angeordnet ist.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Titel: Verfahren und Vorrichtung zur Objektabtastung

5

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft die Oberbegriffe der unabhängigen Ansprüche. Damit befaßt sich die vorliegende Erfindung mit der dreidimensionalen Abtastung von Objekten.

Die 3D-Form von Oberflächen wird häufig mit Streifen-Triangulationsverfahren vermessen. Dabei wird in der Regel das Objekt oder die Szene unter einem großen Einfallswinkel beleuchtet, beispielsweise zwischen 30° und 60° . Dies führt jedoch zu störenden Abschattungen des Objekts.

Bei der optischen 3D-Messung stellen diskontinuierliche Oberflächen oft ein Problem dar. Beispielsweise können größere Absätze in der Oberfläche des Objektes zu einer Verletzung des Sampling-Theorems führen. Abhilfe schafft hier das Gray-Code-Verfahren, bei dem eine Folge von Binärbildern aufprojiziert wird. Ein Beispiel stellt das COMET-500-System der Fa. Steinbichler Optotechnik GmbH dar. Um einen großen Schärfentiefebereich bei der Vermessung von tiefen Objekten zu erreichen, wird bei allen genannten Verfahren in der Regel stark abgeblendet, sowohl bei der Beleuchtung als auch bei der Abbildung der Objektoberfläche. Die Firma GFM in D-14513 Teltow bietet die Digitale Lichtprojektion auf der Basis von beleuchteten Mikrospiegeln, Digital Micromirror Devices, an. Es können Gitterbilder mit einer Folgefrequenz von etwa 10 Hz

erzeugt und eingelesen werden. Diese Frequenz ist jedoch für die Hochgeschwindigkeits-Bildaufnahme noch nicht ausreichend.

In der Patentschrift WO 92/14118 wird eine 3D-Meßanordnung
5 beschrieben, die als "konfokal" bezeichnet wird, die den Kontrast eines auf die Objektoberfläche projizierten Streifenmusters auswertet. Dabei werden sowohl das Beleuchtungs- als auch das Abbildungsobjektiv oder ein gemeinsames Objektiv jeweils auf die gleiche Ebene im Raum des Objektes fokussiert.
10 Es ist jedoch keine Möglichkeit angegeben, für Objektabstände im Dezimeter- und im Meterbereich eine hohe Genauigkeit zu erzielen.

Vorrichtungen zur 3D-Abtastung von Objekten sind beispielsweise bekannt aus der DE 197 49 974, dem Aufsatz „Optical 3D-measurement using structured light“ von R. Kowarsid, J. Gerber, G. Notni, W. Schreiber und P. Kühmstedt in „Technisches Messen“, Bd 62, 1995, S. 321 - 329. Weiter befaßt sich der Aufsatz „Phase-shifting grating projection moire topography“
20 von Y.-B. Choi und S.-W. Kim in Opt. Eng. 37 (3) 1995-1010 mit der Abtastung dreidimensionaler Objekte unter Verwendung von verschobenen Abschattungsgittern. Dabei wird ein Signal in Abhängigkeit von der Verschiebung eines abschattenden Gitters ausgewertet. Es sei darauf hingewiesen, daß der Begriff
25 „abschattendes Gitter“ verwendet wird, um klarzustellen, daß es in der Regel nicht auf Beugungseigenschaften eines Gitters für die vorliegende Erfindung ankommt. Dies gilt auch, soweit nicht anders erwähnt, im weiteren.

30 Während es prinzipiell verschiedene Möglichkeiten gibt, ein dreidimensionales Objekt abzutasten, ergeben sich Probleme, wenn ein großes dreidimensionales Objekt schnell und präzise

abgetastet werden soll.

Das Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, Neues für die gewerbliche Anwendung bereitzustellen.

5

Das Ziel wird erreicht mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche.

10 In einer ersten Ausgestaltung schlägt die Erfindung somit eine Vorrichtung zur dreidimensionalen Objekterfassung mit wenigstens zwei Abbildungssystemen vor, die dem Objekt zugewandte Abbildungsoptiken aufweisen, wobei wenigstens eines als Beobachtungssystem zur Objektbeobachtung ausgestaltet ist und wenigstens eines ein vor der Abbildungsoptik bewegliches
15 Elementarmittel aufweist, dessen Elementarbild sich auf einer Bildpunktlinie durch den Objektraum bewegt, wobei vorgesehen ist, daß das Elementarmittel als mit auch lateraler Komponente zur optischen Achse der Abbildungsoptik bewegliches Elementarmittel ausgebildet ist, wodurch die Bildpunktlinie zur
20 optischen Achse der Abbildungsoptik geneigt ist, und das Beobachtungssystem zur Beobachtung längs der Bildpunktlinie angeordnet ist.

Ein erster wesentlicher Aspekt der Erfindung ist somit darin
25 zu sehen, daß zwei getrennte optische Systeme mit Elementarmitteln vorgesehen werden, die beweglich sind, wobei die Beobachtung mit einem der beiden Systeme längs der Bildpunktlinie erfolgt. Dabei kann die Bewegung der Elementarmittel gegeneinander erfolgen.

30

Es ist möglich, auf diese Weise eine Stereokamera aufzubauen. In diesem Fall werden die Abbildungssysteme Beobachtungssy-

steme darstellen. Es können Detektorarrays, insbesondere CCD-Arrays verwendet werden, die, beispielsweise mit Piezostellmitteln, synchron bewegt werden. Die von diesen Detektoren erhaltenen Signale können bevorzugt ausgewählt werden, indem
5 erfaßt wird, wann ein bestimmter Objektbereich ein bestimmtes Signalverhalten ergibt. Bei leuchtenden Objekten, beispielsweise bei hell angestrahlten oder selbst leuchtenden Objekten wird dies dann der Fall sein, wenn ein besonders großes Signal von dem beobachteten Objektpunkt im ersten und zweiten
10 Array erfaßt wird.

Es ist jedoch nicht zwingend erforderlich, die erfindungsgemäße Vorrichtung als 3D-Kamera mit einem Stereoobjektiv auszustatten. Alternativ kann ein Scanner vorgesehen werden, bei
15 welchem eines der Abbildungssysteme ein Beleuchtungssystem umfaßt. Dieses Beleuchtungssystem wird bevorzugt das Objekt mit einer Reihe separater Leuchtelemente beleuchten, welche die beweglichen Elementarmittel realisieren. Alternativ ist es möglich, eine Reihe von Leuchtfeldern zu simulieren, die
20 die Elementarmittelbewegung als virtuelle Bewegung simulieren, das heißt nach einem vorgegebenen Muster erregt werden. Das Beobachtungssystem wird im Regelfall eine Vielzahl von Beobachtungselementen umfassen, wobei jedem Beobachtungselement ein Objektbereich zugeordnet werden kann. Ein Vorteil
25 der erfindungsgemäßen Anordnung besteht dann insbesondere darin, daß die Auswertung der Signale erfolgen kann, indem das Erfassen der Oberfläche dann angenommen wird, wenn ein bestimmtes Signal, wie ein Signalmaximum auf einem bestimmten Pixel des Arrays erfaßt wird. Die Pupille des Beobachtungssystems wird bevorzugt in der Fokalebene der Abbildungsoptik
30 und/oder zumindest im wesentlichen angeordnet.

Die Erfindung löst so die Aufgabe der flächenhaften Prüfung

der 3D-Gestalt technischer und natürlicher Oberflächen von
Objekten im Raum und Szenen, vorzugsweise mit Abmessungen im
Bereich oberhalb eines Millimeters. Die Erfindung ermöglicht
damit die schnelle Erfassung und Prüfung der 3D-Gestalt von
5 Körpern in Szenen mit großer Tiefenausdehnung. Es können kom-
plette Szenen echtzeitnah aufgenommen werden.

Weiterhin wird die benötigte Lichtleistung für die Ausleuch-
tung von Objektoberflächen in einer Szene zum Teil stark re-
10 duziert. Dies liegt daran, daß eine Objekterfassung dann auf-
genommen wird, wenn besonders viel Licht auf den Detektor ge-
langt. Eine weitere Verbesserung stellt die deutliche Erhö-
hung der Auswertegeschwindigkeit bei der 3D-Erfassung dar. Es
besteht die technische Möglichkeit, die 3D-Punktwolke des Ob-
15 jektes oder der Szene im Videotakt zur Verfügung zu stellen.

Schutz wird auch für die Verfahren gemäß den unabhängigen An-
sprüchen begehrt. In einem ersten Verfahren zur 3D-Aufnahme
von mindestens einer Objektoberfläche in mindestens einer
20 Szene ist mindestens eine elektromagnetische Strahlungsquelle
angeordnet und diese ist mittels mindestens eines struktu-
rierten Arrays als mindestens ein strukturiert leuchtendes
Array mit mindestens zwei Flächenelementen ausgebildet. Dabei
leuchtet mindestens ein Flächenelement. Das strukturiert
25 leuchtende Array kann auch als ein Sender-Array und die
leuchtenden Flächenelemente können als Senderelemente dieses
Sender-Arrays verstanden werden. Weiterhin kann das struktu-
riert leuchtende Array ein Array aus steuerbaren Mikro-
Lichtquellen, beispielsweise Mikro-Leuchtdioden darstellen.
30 Die Strahlungsquelle kann aber auch als eine unstrukturierte
Strahlungsquelle einem strukturierten Array, welches ein
Transmissions- oder ein Reflexionsgitter darstellen kann,

vorgeordnet sein. In jedem Fall stellen die leuchtenden Bereiche des strukturiert leuchtenden Arrays leuchtende Flächenelemente in einer Leuchtdichteverteilung im strukturiert leuchtenden Array dar. Weiterhin ist mindestens ein Beleuchtungsstrahlengang mit mindestens einem Beleuchtungsobjektiv angeordnet, welches mindestens einem strukturiert leuchtenden Array zugeordnet ist. So wird eine Abbildung realisiert und die Objektoberflächen können strukturiert beleuchtet werden. Weiterhin sind mindestens ein Abbildungsstrahlengang für die Abbildung von Elementen der Objektoberfläche und mindestens ein Empfänger-Array mit mindestens zwei Elementen und mindestens ein dem Empfänger-Array zugeordnetes Abbildungsobjektiv angeordnet. Dabei detektieren Elemente des Empfänger-Arrays im Aufnahmevergange Strahlung von Elementen der beleuchteten Objektoberfläche. Weiterhin werden von Elementen des Empfänger-Arrays durch das Abbildungsobjektiv stets auch Bilder im Objektraum, der dem Szenenraum entspricht, mit einem geometrisch-optischen Schärfevolumen gebildet. Mindestens ein leuchtendes Flächenelement des strukturiert leuchtenden Arrays kann eine Verschiebung erfahren. Durch die Abbildung des oder der leuchtenden Flächenelemente mit dem Beleuchtungsobjektiv wird ein Bild mindestens eines leuchtenden Flächenelementes im Objektraum mit einem geometrisch-optischen Schärfevolumen gebildet. Das Empfänger-Array kann ein Target mit einer Beschichtung sein, die für Röntgen-, UV-, VIS- oder IR-Strahlung sensibilisiert ist, und gerastert ausgelesen wird. Weiterhin kann bei einer Anordnung zur 3D-Aufnahme das Empfänger-Array als CCD-Matrix-Kamera ausgebildet sein. Damit ist eine optimale Bildaufnahme bei Standardaufgaben mit einem guten Signal-Rausch-Verhältnis möglich. Weiterhin kann das Empfänger-Array als CMOS-Matrix-Kamera ausgebildet sein. Damit ist durch den wahlfreien Zugriff auf Pixel eine Verfolgung von bewegten Elementen der Objektoberfläche im Raum mög-

lich.

Die Detektion von Strahlung von den Elementen der Objektoberfläche durch die Elemente des Empfänger-Arrays erfolgt in einem Zeitbereich Δt_B , in welchem auch die Verschiebung mindestens eines leuchtenden Flächenelementes des strukturiert leuchtenden Arrays durchgeführt wird, wobei jeweils mindestens ein Signalwert gewonnen wird. Dabei wird innerhalb des Zeitbereichs Δt_B mindestens mit einem leuchtenden Flächenelement des strukturiert leuchtenden Arrays eine zumindest näherungsweise vorbestimmte Verschiebung durchgeführt - einschließlich einer vorbestimmten optischen Verschiebung desselben als Ergebnis einer geometrisch-optischen Weglängenänderung - und so sendet mindestens ein leuchtendes Flächenelement zu unterschiedlichen Zeitpunkten an mindestens zwei unterschiedlichen Orten Strahlung aus. Dabei werden das Schärfevolumen mindestens eines Bildes mindestens eines leuchtenden Flächenelementes des mindestens einen strukturiert leuchtenden Arrays, wobei dieses Schärfevolumen im Objektraum gebildet ist, und das Schärfevolumen mindestens eines Bildes mindestens eines Elementes des Empfänger-Arrays, wobei dieses Schärfevolumen ebenfalls im Objektraum gebildet ist, und mindestens ein Element der mindestens einen Objektoberfläche zumindest näherungsweise einmal aufgrund der Durchführung der vorbestimmten Verschiebung mindestens eines leuchtenden Flächenelementes des strukturiert leuchtenden Arrays mit zumindest einer Verschiebungskomponente, parallel zur optischen Achse des Beleuchtungsobjektivs, zur Koinzidenz gebracht. So wird im Objektraum zumindest einmal und zumindest näherungsweise die Koinzidenz des Schärfevolumens eines Bildes eines leuchtenden Flächenelementes des strukturiert leuchtenden Arrays und des Schärfevolumens eines Bildes eines Elementes

des Empfänger-Arrays und mindestens eines Elementes der mindestens einen Objektoberfläche erzeugt. Beim Auftreten der Koinzidenz erfährt zumindest das an dieser Koinzidenz beteiligte Element des Empfänger-Arrays zumindest einmal eine
5 zeitlich veränderte Bestrahlung gegenüber dem Fall der Nichtkoinzidenz und so detektiert dieses Element des Empfänger-Arrays zumindest einmal ein verändertes Signal.

Ein leuchtendes Flächenelement kann fest an eine Struktur eines Körpers gebunden sein, beispielsweise an ein Transparenzmaximum auf einem verschiebbaren Transmissionsgitter in Verbindung mit einer Strahlungsquelle. Für die Verschiebung werden die Positionen der leuchtenden Flächenelemente des strukturiert leuchtenden Arrays und die Positionen der Bilder der
15 leuchtenden Flächenelemente im Objektraum nach der Newtonschen Abbildungsgleichung aus der Lage des Beleuchtungsobjektivs in der 3D-Aufnahme-Anordnung und der Brennweite f_B des Beleuchtungsobjektivs bestimmt und realisiert, soweit die damit verbundenen Näherungen akzeptabel sind. Die Verschiebung
20 erfolgt dabei vorzugsweise mit konstanter Geschwindigkeit.

Um für das Verfahren zur 3D-Aufnahme einen großen Tiefenschärfebereich bei der Abbildung von Objektoberflächen in einer Szene zu erreichen, können die Orte bestimmter relativer
25 Leuchtdichte der strukturierten, leuchtenden Fläche und so auch die Orte lokaler Extrema der Leuchtdichte im Array-Raum verschoben werden. Das strukturiert leuchtende Array kann ein elektronisch steuerbares, strukturiert leuchtendes Array, beispielsweise ein LCD mit einer vorgeordneten Strahlungs-
30 quelle sein, welches durch ein Bewegungssystem geradlinig verschoben wird. Diese Strecken können im Objektraum als Spuren von nacheinander abgebildeten Lichtpunkten verstanden

werden, beispielsweise als die verschobenen Extrema der Leuchtdichte bei einem beleuchtetem Liniengitter im Transparenzmaximum oder die Spur eines Bildes eines beleuchteten Spaltes. Die Spuren der Lichtpunkte können auf einer Objektoberfläche beobachtet werden, wenn das Bild eines Lichtpunktes und der beobachtete Punkt der Objektoberfläche zumindest näherungsweise koinzidieren. Durch den Triangulationseffekt kann bei der Verschiebung des Bildes eines leuchtenden Flächenelementes und des mit diesem koinzidierenden Bild eines Elementes des Empfänger-Arrays ein laterales Auswandern des Bildes des Lichtpunktes beobachtet werden. Die Ablage von der Ausgangsposition nimmt mit zunehmender Abweichung des beleuchteten Bereiches der Objektoberfläche vom aktuellen Koinzidenzpunkt der beiden Bildern zu, wobei das Element des Empfänger-Arrays ein zunehmend unscharfes Bild des leuchtenden Flächenelementes detektiert.

Dieses Verfahren ermöglicht in einem vorbestimmten Verschiebungsvorgang des strukturiert leuchtenden Arrays in einer Verschiebungsrichtung mit einer Komponente in z_A -Richtung eine eindeutige Aussage über das Vorhandensein eines Elementes der Objektoberfläche an einem vorbestimmten Ort im Objektraum. Dabei wird der Betrag in z_A -Richtung so gewählt, daß die Schärfefläche den Objektraum von einem Nahbereich bis zu einem Fernbereich nach und nach durch eine vorbestimmte, gesteuerte Verschiebung der leuchtenden Flächenelemente des strukturiert leuchtenden Arrays durchwandert. Dieses Verfahren wird mit der Gesamtheit der leuchtenden Flächenelemente des strukturiert leuchtenden Arrays und der Gesamtheit der Elemente des Empfänger-Arrays für die Gesamtheit der Elemente der Objektoberflächen im Erfassungsvolumen der 3D-Aufnahmeanordnung durchgeführt. Durch mehrfaches Detektieren und Aus-

lesen während des Verschiebungsvorganges von mindestens einem Element des Empfänger-Arrays kann eine Interpolation zur Verbesserung der Genauigkeit der Bestimmung des Ortes eines erfaßten Elementes der Objektoberfläche durchgeführt werden.

- 5 Die Öffnungsblende des Abbildungsobjektiv kann hierbei vorzugsweise klein gemacht sein, beispielsweise kann die relative Öffnung 1 : 22 betragen, so daß das Schärfevolumen des Bildes der Elemente des Empfänger-Arrays eine große Tiefe besitzt. Dagegen kann das Beleuchtungsobjektiv eine vergleichs-
- 10 weise große relative Öffnung besitzen. Beispielsweise kann die relative Öffnung 1 : 2 betragen. Dadurch kann das Schärfevolumen eine geringe Tiefe aufweisen. Bei der vorbestimmten Verschiebung eines leuchtenden Flächenelementes im Array-Raum bewegt sich im hier dargestellten Fall das Schärfevolumen je-
- 15 weils eines Bildes eines leuchtenden Flächenelementes im Schärfevolumen jeweils eines Bildes eines Elementes des Empfänger-Arrays. So kann sich ein Element der Objektoberfläche permanent im Schärfevolumen eines Bildes eines Empfängerelementes befinden. Jedoch erst bei der Koinzidenz des Schärfevolumens des Bildes eines leuchtenden Flächenelementes mit
- 20 einem Element der Objektoberfläche erfolgt eine strukturierte Beleuchtung dieses Elementes der Objektoberfläche. So kann durch das - bei der vorbestimmten Verschiebung eines leuchtenden Flächenelementes - mehrfach ausgelesene Element eines
- 25 Empfänger-Arrays ein Signalverlauf mit einem relativen Maximum zum Zeitpunkt der Koinzidenz detektiert werden. Die vorbestimmte Verschiebung der leuchtenden Flächenelemente kann elektronisch gesteuert erfolgen. Zusätzlich kann auch eine elektronisch gesteuerte Veränderung der optischen Weglänge im
- 30 Raum vor dem Empfänger-Array durchgeführt werden.

Weiterhin wird ein Verfahren zur 3D-Aufnahme von Objektober-

flächen in einer Szene vorgeschlagen, bei dem vorzugsweise in den Zeitintervallen Δt_i der Detektion von Licht die leuchtenden Flächenelemente auf je einer eigenen Verschiebungsstrecke relativ zum Beleuchtungsobjektiv verschoben werden. Die leuchtenden Flächenelemente weisen dabei in einer Leuchtdichte-
5 teverteilung vorzugsweise eine zumindest näherungsweise vorherbestimmt gleichbleibende, relative Leuchtdichte zumindest zu einem Zeitpunkt t_i innerhalb eines Zeitintervalls Δt_i auf. Weiterhin werden die leuchtenden Flächenelemente auf je einer
10 B-Strecke BS_{A_j} positioniert, wobei die B-Strecken BS_{A_j} die Sollorte für die leuchtenden Flächenelemente zu einem Zeitpunkt t_i innerhalb des Zeitintervalls Δt_i darstellen. Die Bilder dieser B-Strecken BS_{A_j} sind im Objektraum durch Abbildung mit mindestens einem Beleuchtungsobjektiv vorzugsweise
15 zu einem Streckenbüschel SB_1 mit einem Konvergenzpunkt K_1 geformt. Dabei ist der Konvergenzpunkt K_1 mindestens in einem Abstand $d_{K1 \min}$ von der optischen Achse des Beleuchtungsobjektivs vom 16ten Teil des Abstandes d des Pupillenzentrums PZ_{OB} des Beleuchtungsobjektivs vom Pupillenzentrum des am weitesten entfernten Abbildungsobjektivs. Dementsprechend ist die
20 Tiefenempfindlichkeit gering. Maximal beträgt der Abstand $d_{K1 \max}$ das 16fache desselben. Vorzugsweise wird der Wert $d_{K1} = d$ realisiert. Zumindest in einem Zeitbereich Δt_B während des Verschiebungsvorganges der leuchtenden Flächenelemente werden
25 jeweils genau ein Bild von einem Empfängererelement und jeweils genau ein Bild von einem leuchtenden Flächenelement im Objektraum zumindest zu einem einzigen Zeitpunkt t_i innerhalb eines jeden Zeitintervalls Δt_i der Detektion zumindest näherungsweise gemeinsam auf dem Bild einer B-Strecke BS_{A_j} positioniert. So wird zumindest zu diesem Zeitpunkt t_i aus dem
30 Bild von einem Empfängererelement und dem Bild eines leuchtenden Flächenelementes jeweils im Objektraum ein Paar gebildet

und so werden im Objektraum derartige Paare erzeugt und diese durch den Objektraum geschoben. Dabei fallen Schärfevolumina von Bildern der leuchtenden Flächenelemente mit Flächenelementen der Objektoberfläche mindestens einmal im Verschiebungsvorgang zusammen. Am Ort dieser Paare ist im Schwerpunkt des aktuellen Schnittvolumens des Schärfevolumens der beiden Bilder so zu diesem Zeitpunkt t_i ein aktueller Koinzidenzpunkt gebildet. Die Elemente des Empfänger-Arrays detektieren im Zeitintervall Δt_i der Koinzidenz vorzugsweise einen Signalverlauf mit mindestens einem relativen Extremum der Signalgröße. Bei der Verschiebung werden die Positionen der leuchtenden Flächenelemente des strukturiert leuchtenden Arrays und die Positionen der Elemente des Empfänger-Arrays stets aus der Lage des Beleuchtungsobjektivs und der Lage des Abbildungsobjektivs in der 3D-Aufnahme-Anordnung und der Brennweite f_B des Beleuchtungsobjektivs und der Brennweite f_A des Abbildungsobjektivs bestimmt und realisiert. So werden im Objektraum sowohl die leuchtenden Flächenelemente des strukturiert leuchtenden Arrays als auch die Elemente des Empfänger-Arrays zumindest näherungsweise in einem Teil des Objektraumes in die gleiche Ebene abgebildet. Die elektronisch gesteuerte Verschiebung der leuchtenden Flächenelemente an einen anderen Ort kann mit mikromechanischen Mitteln erfolgen. Es ist auch eine elektronisch gesteuerte Verschiebung möglich. Aus dem Signalverlauf kann auch die mittlere Objektpunkthelligkeit und die Farbinformation durch die Verwendung einer Farbkamera gewonnen werden.

Weiterhin wird ein Verfahren zur 3D-Aufnahme vorgeschlagen, bei dem vorzugsweise in den Zeitintervallen Δt_i der Detektion von Licht jeweils ein leuchtendes Flächenelement auf je einer B-Strecke BS_{A_j} positioniert wird. Die B-Strecken BS_{A_j} werden

dabei auf das Pupillenzentrum PZ_{OA} des Abbildungsobjektivs im Array-Raum gerichtet, so daß der Konvergenzpunkt K_1 zumindest annähernd im Pupillenzentrum des Abbildungsobjektivs positioniert ist. Weiterhin ist der Konvergenzpunkt K_1 auch in der
5 Pupillenebene des Beleuchtungsobjektivs positioniert und so werden während des Verschiebungsvorganges jeweils ein Bild von einem Empfängererelement und jeweils ein Bild von einem leuchtenden Flächenelement im Objektraum zumindest näherungsweise gemeinsam auf dem Bild einer B-Strecke BS_{Aj} positioniert. So kann aus dem Bild von einem Empfängererelement und dem Bild eines leuchtenden Flächenelementes jeweils im Objektraum ein Paar mit fester Zuordnung gebildet werden und während des Verschiebungsvorganges der leuchtenden Flächenelemente jeweils ein Bild von einem Empfängererelement und jeweils
15 ein Bild von einem leuchtenden Flächenelement im Objektraum einmal zumindest näherungsweise zur Koinzidenz gebracht werden. Hierbei ist der Fall mit zwei zentralperspektivischen Objektiven mit koinzidierenden Hauptebenen eingeschlossen. Dabei kann das Empfänger-Array feststehend und so eingestellt
20 sein, daß der „durchlaufende“ Schärfebereich oder die Schärfefebene, des Beleuchtungsobjektivs zumindest einmal mit der Schärfefebene des Abbildungsobjektivs zusammenfällt. Es ist von Vorteil, wenn die „durchlaufende“ Schärfefebene des Beleuchtungsobjektivs stets im vergleichsweise groß gemachten
25 Tiefenschärfebereich des Abbildungsobjektivs verbleibt. Dieser Ansatz ist realisierbar mit elektronischen Gittern mit einer sehr hohen Pixelzahl. Elektronische Gitter können im Verschiebungsvorgang kontinuierlich gedehnt oder gestaucht werden, um die Bedingung der Konvergenz des Streckenbündels
30 zu erfüllen.

Weiterhin wird ein Verfahren zur 3D-Aufnahme von Objektober-

flächen in einer Szene vorgeschlagen, bei dem vorzugsweise in den Zeitintervallen Δt_i der Detektion von Licht jeweils ein leuchtendes Flächenelement zumindest zu einem Zeitpunkt t_i innerhalb eines jeden Zeitintervalls Δt_i mit einer zumindest
5 näherungsweise gleichbleibenden, relativen Leuchtdichte auf je einer B-Strecke BS_{A_j} positioniert wird. Dabei wird der Konvergenzpunkt K_i zumindest annähernd in der Brennebene des Beleuchtungsobjektivs im Objektraum und zusätzlich im Pupillenzentrum PZ_{OA} der Pupille eines Abbildungsobjektivs im Objektraum positioniert. Während des Verschiebungsvorganges
10 werden jeweils ein Bild von einem Empfängererelement und jeweils ein Bild von einem leuchtenden Flächenelement im Objektraum zumindest zu einem Zeitpunkt t_i innerhalb eines jeden Zeitintervalls Δt_i der Detektion zumindest näherungsweise gemeinsam auf dem Bild einer B-Strecke BS_{A_j} positioniert und so
15 zumindest zu diesem Zeitpunkt t_i werden aus dem Bild von einem Empfängererelement und dem Bild eines leuchtenden Flächenelementes jeweils im Objektraum ein Paar mit fester Zuordnung gebildet und so im Objektraum Paare mit fester Zuordnung erzeugt. Die B-Strecken BS_{A_j} werden dabei parallel zu
20 einer Geraden g_{AP} positioniert, wobei die Gerade g_{AP} den Brennpunkt F_{AB} des Beleuchtungsobjektivs im Array-Raum schneidet und den Anstieg mit dem Betrag aus dem Quotienten „Abstand des Pupillenzentrums PZ_{OA} der Pupille des Abbildungsobjektivs im Objektraum von der Achse des Beleuchtungsobjektivs und der Brennweite f_B des Beleuchtungsobjektivs“
25 aufweist, wobei dieser Anstieg der Geraden g_{AP} auf die Achse des Beleuchtungsobjektivs bezogen ist. Es können zwei zentralperspektivische Objektive mit zueinander geneigten Achsen eingesetzt werden. Das Empfänger-Array kann vorzugsweise
30 feststehend und so eingestellt sein, daß die „durchlaufende“ Schärfeebene des Beleuchtungsobjektivs zumindest einmal mit

der Schärfeebene des Abbildungsobjektivs zusammenfällt.

Zumindest annähernd wird eine geradlinige relative Verschiebung des Empfänger-Arrays zum Abbildungsobjektiv parallel zur optischen Achse des Abbildungsobjektivs durchgeführt und bei der Verschiebung werden mehrfach nacheinander Signalwerte aus je einem Empfängerelement ausgelesen und so wird je ein Signalverlauf mittels eines Empfängerelementes gebildet und bei Abbildung von mehrfach so erzeugten Verschiebungsstrecken von Elementen des Empfänger-Arrays mit dem Abbildungsobjektiv wird aus deren Bildern im Objektraum zumindest annähernd mindestens ein Streckenbüschel SB_2 mit einem Konvergenzpunkt K_2 im Brennpunkt F_{OA} des Abbildungsobjektivs gebildet. Die Verschiebung des Empfänger-Arrays wird so durchgeführt, daß während des Verschiebungsvorganges jeweils ein Bild von einem Empfängerelement und jeweils ein Bild von einem leuchtenden Flächenelement im Objektraum zumindest zu einem Zeitpunkt t_i innerhalb eines jeden Zeitintervalls Δt_i zumindest näherungsweise gemeinsam auf dem Bild einer B-Strecke BS_{Aj} zur Koinzidenz gebracht und verschoben werden und so im Objektraum Paa-re von Bildern erzeugt werden. Da jedes Element des Empfänger-Arrays die Gewinnung eines Signalverlaufs ermöglicht, ist die Möglichkeit der Parallelverarbeitung gegeben. Weiterhin kann auch das Abbildungsobjektiv zum Empfänger-Array verschoben werden.

Weiterhin wird ein Verfahren zur 3D-Aufnahme von Objektoberflächen in einer Szene vorgeschlagen, bei dem vorzugsweise der Konvergenzpunkt K_1 des Streckenbüschels SB_1 gemeinsam mit dem Konvergenzpunkt K_2 des Streckenbüschels SB_2 im Objektraum sowohl mit dem Brennpunkt F_{OA} als auch mit dem Pupillenzentrum PZ_{OA} der Pupille des Abbildungsobjektivs zumindest annä-

hernd zur Koinzidenz gebracht werden, wobei das Beleuchtungsobjektiv und das Abbildungsobjektiv jeweils arrayseitig zumindest näherungsweise telezentrisch ausgeführt sind. Die leuchtenden Flächenelemente werden zumindest annähernd parallel zu einer Geraden g_A auf Strecken verschoben. Die Gerade g_A durchstößt den Brennpunkt F_{AB} des Beleuchtungsobjektivs im Array-Raum. Für die Gerade g_A ist der Anstieg mit dem Betrag aus dem Quotienten „Brennweite des Beleuchtungsobjektivs und Abstand d des Brennpunktes F_{AA} des Abbildungsobjektivs von der Achse des Beleuchtungsobjektivs im Objektraum“ realisiert, wobei dieser Anstieg der Geraden g_A auf eine achssenkrechte Gerade zur Achse des Beleuchtungsobjektivs“ bezogen ist und wegen der Telezentrie des Abbildungsobjektivs im Array-Raum in diesem Fall die Gerade g_A mit der Geraden g_{AP} koinzidiert. Dieses Verfahren ermöglicht die 3D-Aufnahme in einem sehr großen Tiefenmeßbereich, wobei eine Anordnung mit parallelen und zumindest näherungsweise baugleichen Objektiven mit Vorteil gewählt werden kann. Die strukturierte Beleuchtung erfolgt vorzugsweise mit einem beleuchteten Liniengitter. Für das Empfänger-Array wird eine geradlinige Verschiebung parallel zur optischen Achse des Abbildungsobjektivs durchgeführt. So wird für jedes Element des Empfänger-Arrays eine eigene Verschiebungsstrecke erzeugt. Bei Abbildung dieser Verschiebungsstrecken mit dem Abbildungsobjektiv entsteht aus den Bildern dieser Verschiebungsstrecken ein zweites Streckenbüschel mit einem Konvergenzpunkt K_2 der abgebildeten Strecken im Objektraum im Brennpunkt F_{OA} des Abbildungsobjektivs. Weiterhin werden der Konvergenzpunkt K_1 und der Brennpunkt F_{OA} des Abbildungsobjektivs im Objektraum zumindest annähernd zur Koinzidenz gebracht. Dabei wird der Konvergenzpunkt K_1 der Strecken im Objektraum so gebildet, indem die Orte bestimmter relativer Leuchtdichte des beleuchteten Liniengitters, beispielsweise die Maxima der Transmis-

sion des Liniengitters, auf Verschiebungsstrecken zumindest annähernd parallel zu einer Geraden g_A verschoben werden. In den Elementen des Empfänger-Arrays können bei diesem Verfahren periodische Signale mit einem Modulationsmaximum detektiert werden, aus denen die Information über die absolute Phase eines Objektpunktes im Zusammenhang mit der Anordnung gewonnen werden kann. Wenn das beleuchtete Liniengitter mit einer konstanten Geschwindigkeit bewegt wird, können in den Elementen des strukturiert leuchtenden Arrays periodische Signale mit einer konstanten Frequenz gewonnen werden. Dies vereinfacht die Signalauswertung und kann deshalb zu einer erheblichen Reduzierung der Rechenzeit führen. Die Schärfeflächen werden durch das synchrone Stellen des strukturiert leuchtenden Arrays und des Empfänger-Arrays zur Koinzidenz gebracht.

Es kann auch die Position des mindestens einen leuchtenden Flächenelementes ortsfest sein und in diesem Fall bewegen sich zumindest Komponenten des Beleuchtungsobjektivs.

20

Weiterhin wird ein Verfahren zur 3D-Aufnahme von Objektoberflächen in einer Szene vorgeschlagen, bei dem vorzugsweise je ein leuchtendes Flächenelement in den Zeitintervallen Δt_i der Detektion von Licht in einem Zeitbereich Δt_B zumindest näherungsweise an je einem eigenen Ort O_{ABj} im strukturiert leuchtenden Array relativ zum Beleuchtungsobjektiv angeordnet und durch Ansteuerung zum Leuchten gebracht wird und durch das Beleuchtungsobjektiv abgebildet wird und dieses leuchtende Flächenelement zumindest zu einem Zeitpunkt t_i innerhalb des Zeitintervalls Δt_i stets auf einen vorherbestimmten Ort im Objektraum O_{Obj} abgebildet wird. Dieser Bildort O_{Obj} eines jeweils leuchtenden Flächenelementes wird im Objektraum durch

eine Ansteuerung verändert, indem ein jeweils anderes, vorbestimmtes Flächenelement angesteuert und zum Leuchten gebracht wird, so daß das Bild je eines leuchtenden Flächenelementes auf einer steuerbaren Bahnkurve, strukturiert aus Abstandsin-

5 krementen ΔI_0 der Bilder der Abstände ΔI_A der leuchtenden Flächenelementes im Array-Raum, durch den Objektraum geschoben wird - im Sinne des gesteuerten Einnehmens vorherbestimmter, unterschiedlicher Positionen. In jeder Position nach der Verschiebung - um ein ganzzahliges Vielfaches n , einschließlich $n = 1$, des Abstandsincrementes ΔI_0 - wird mindestens ein

10 Signalwert aus einem Empfängererelement detektiert und ausgelesen und so wird aus mehreren Vorgängen des Detektierens und Auslesens von Elementen des Empfänger-Arrays ein Signalverlauf gebildet. So wird der Ort des detektierten und ausgelesenen Elementes des Empfänger-Arrays kontinuierlich ver-

15 ändert. Die Orte der detektierten und ausgelesenen Elemente des Empfänger-Arrays liegen an Orten O_{AAj} im Empfänger-Array und das Bild dieses Ortes O_{AAj} , der Bildort O_{OAJ} , ist mit dem vorherbestimmten Bildort O_{Obj} des leuchtenden Flächenelementes

20 im Objektraum optisch konjugiert. So ist je ein Bild eines detektierten und ausgelesenen Elementes des Empfänger-Arrays mit dem Bild jeweils eines leuchtenden Flächenelementes zumindest zu einem Zeitpunkt t_i innerhalb des Zeitintervalls Δt_i im Objektraum zur Koinzidenz gebracht und so wird je ein

25 Paar von Bildern mit wechselnden Bildern erzeugt, welches und nach verschiedene Positionen im Objektraum einnimmt. Der Objektraum wird so in der Tiefe nach und nach durch derartige Paare durchsetzt. Dabei fallen Schärfevolumina des Bildes je eines leuchtenden Flächenelementes mit je einem Flächenele-

30 ment der Objektoberfläche mindestens einmal im Zeitbereich Δt_B in einem Zeitintervall zusammen und die detektierten und die ausgelesenen Elemente des Empfänger-Arrays weisen im Zei-

tintervall Δt_i der Koinzidenz einen Signalverlauf mit mindestens einem relativen Extremum der Signalgröße auf, wobei der Zeitbereich Δt_b größer als das Zeitintervall Δt_i gemacht wird und so mindestens ein Zeitintervall Δt_i in den Zeitbereich
5 Δt_b zeitlich eingepaßt wird.

Dieses Verfahren kann ohne jede Bewegung eines Arrays realisiert werden, also vollständig elektronisch. Das strukturiert leuchtende Array und das Empfänger-Array können starre, vorzugsweise dreidimensionale Strukturen darstellen, beispielsweise kann das leuchtende Array Luminiszenzdiolen oder vertikal abstrahlende Laserdioden in einer 3D-Anordnung aufweisen. Nach und nach werden einzelne Flächenelemente elektronisch angesteuert und zum Leuchten gebracht. Durch die Ansteuerung
10 von vorherbestimmten, leuchtenden Flächenelementen und das Auslesen von Elementen eines Empfänger-Arrays, wobei deren Bilder im Objektraum ein Bildpaar darstellen, wird genau dann ein Extremum im Signalwert eines Elementes des Empfänger-Arrays gewonnen, wenn das Bildpaar mit einem Element der Objektoberfläche zumindest näherungsweise koinzidiert. Ein
20 leuchtendes Flächenelement repräsentiert durch seine feste Position im Verbund des strukturiert leuchtenden Arrays und durch die Parameter seiner Abbildung in den Objektraum ein kleines Volumenelement. Durch das Auslesen genau des Elementes eines Empfänger-Arrays, welches im Objektraum ein Bild besitzt, welches zumindest näherungsweise mit dem Bild des leuchtenden Flächenelementes optisch konjugiert ist, erfolgt eine Abfrage des Vorhandenseins eines Elementes der Objektoberfläche in diesem Volumenelement. Weiterhin bilden die Abstandsinkremente, die zu den Bildern der leuchtenden Flächenelemente gehören, im Objektraum vorzugsweise Strecken auf
25 einer Geraden, die zu einem Streckenbündel SB_1 mit einem Kon-

vergenzzentrum K_1 gehören. So ist die Eindeutigkeit der Signalgewinnung gegeben, da sich die Strecken des Streckenbündels SB_1 im Objektraum nicht überkreuzen. Bei a priori-Kenntnissen über die Objektoberfläche können aus Abstandsin-

5 krementen einzelne Teilstrecken zusammengesetzt werden. So wird durch die Ansteuerung verschiedener leuchtender Flächenelemente die reale Verschiebung eines leuchtenden Flächenelementes nachgebildet. Grundsätzlich kann das leuchtende Array in seiner mechanischen Gestaltung ein 3D-Modell der zu

10 untersuchenden Objektoberfläche darstellen und die leuchtenden Flächenelemente werden gleichzeitig auf die Objektoberfläche abgebildet. Analog gilt dies auch für die Struktur des Empfänger-Arrays. Auch dieses kann eine objektangepasste 3D-Struktur aufweisen. Sowohl das leuchtende Array als auch das

15 Empfänger-Array können in der Tiefe mehrere Flächen mit leuchtenden Elementen, beziehungsweise empfangenden Elementen aufweisen, so daß die Erfassung von dreidimensionalen Objektoberflächen großer Tiefe ohne mechanische Verschiebung möglich ist. So können in einem definierten Meßvolumen unbekann-

20 te Objektoberflächen erfaßt werden.

Weiterhin wird ein Verfahren zur 3D-Aufnahme von Objektoberflächen in einer Szene vorgeschlagen, bei dem vorzugsweise mit von einer Strahlungsquelle beleuchteten Objektoberflächen

25 mit einem ersten und mindestens einem zweiten Abbildungsstrahlengang zwischen den beiden Achsen von zwei Abbildungsobjektiven für die Abbildung der Objektoberflächen eine Symmetrielinie gebildet ist. Jedem Abbildungsstrahlengang ist mindestens ein Empfänger-Array zugeordnet und die beiden Empfänger-Arrays weisen jeweils Elemente auf, die im Aufnahme-

30 vorgang im Zeitbereich Δt_B Licht von den Elementen der beleuchteten Objektoberflächen im Objektraum detektieren und

die beiden Empfänger-Arrays erfahren im Aufnahmevorgang je eine Verschiebung an einen anderen Ort. Zumindest näherungsweise erfolgt gleichzeitig die Detektion von Licht von den Elementen der Objektoberflächen für die Dauer eines Zeitintervalls Δt_i durch die Elemente des Empfänger-Arrays, und die Elemente des Empfänger-Arrays werden anschließend ausgelesen, wobei jeweils Signalwerte gewonnen werden. Es ist vorzugsweise eine Beleuchtung von Objektoberflächen im Vordergrund und gegebenenfalls auch des weiter entfernter Hintergrundes der Szene gegeben. Beim Aufnahmevorgang werden die zwei Empfänger-Arrays gleichzeitig auf Verschiebungsstrecken AS_{A1} und AS_{A2} verschoben. Die Bilder der Verschiebungsstrecken AS_{A1} und AS_{A2} , die Strecken AS_{O1} und AS_{O2} , werden im Objektraum zumindest annähernd auf der Symmetrielinie zwischen den beiden Achsen der Objektive positioniert. Aus dem Streckenbüschel SB_{21} der Bilder der Verschiebungsstrecken AS_{A1j} der einzelnen Elementes des ersten Empfänger-Arrays, die Strecken AS_{O1j} , wird ein Konvergenzpunkt K_{21} gebildet und aus dem Streckenbüschel SB_{22} der Bilder der Verschiebungsstrecken AS_{A2j} der einzelnen Elemente des zweiten Empfänger-Arrays, die Strecken AS_{O2j} , wird ein Konvergenzpunkt K_{22} gebildet und der Konvergenzpunkt K_{12} und der Konvergenzpunkt K_{22} werden auf der Symmetrielinie zur Koinzidenz gebracht und bilden auf der Symmetrielinie einen Konvergenzpunkt K_0 und die beiden Empfänger-Arrays werden so verschoben, daß deren Bilder zumindest teilweise im Objektraum zusammenfallen, so daß die Bilder der Elemente des ersten Empfänger-Arrays und die Bilder der Elemente des zweiten Empfänger-Arrays im Objektraum paarweise zumindest näherungsweise zur Koinzidenz gebracht werden, wobei die paarbildenden Elemente der beiden Empfänger-Arrays jeweils korrespondierende Elemente darstellen. So wird vorzugsweise jeweils ein aktueller Koinzidenzpunkt aus zwei Bildern von Elementen gebildet, der durch den Objektraum ver-

schoben wird. Dies erfolgt vorzugsweise mit allen Elementen der Empfänger-Arrays. Es werden vorzugsweise Signalverläufe S_1 des ersten Empfänger-Arrays durch Auslesen der Elemente während der Verschiebung des ersten Empfänger-Arrays gebil-

5 det. Die Verschiebung des ersten Empfänger-Arrays wird parallel zu einer Geraden g_{A1P} durchgeführt und so werden die Elemente des ersten Empfänger-Arrays zumindest annähernd parallel zu einer Geraden g_{A1P} auf Verschiebungsstrecken AS_{A1j} verschoben. Weiterhin werden Signalverläufe S_2 des zweiten Empfänger-Arrays durch Auslesen der Elemente während der Ver-

10 schiebung des zweiten Empfänger-Arrays gebildet und die Verschiebung des zweiten Empfänger-Arrays wird parallel zu einer Geraden g_{A2P} durchgeführt und so werden die Elemente des zweiten Empfänger-Arrays zumindest annähernd parallel zu einer

15 Geraden g_{A2P} auf Verschiebungsstrecken AS_{A2j} verschoben, wobei die Verschiebung des zweiten Empfänger-Arrays zumindest näherungsweise gleichzeitig mit der des ersten Empfänger-Arrays erfolgt. Die Gerade g_{A1P} wird in einem Punkt P_{A1} auf der Symmetrielinie in der Hauptebene des ersten Abbildungsobjektivs

20 im Array-Raum und die Gerade g_{A2P} wird in einem Punkt P_{A2} auf der Symmetrielinie in der Hauptebene des zweiten Abbildungsobjektivs zum Schnitt gebracht, wobei die Gerade g_{A1P} zusätzlich den Brennpunkt F_{A1} des ersten Abbildungsobjektivs und die Gerade g_{A2P} den Brennpunkt F_{A2} des Abbildungsobjektivs im

25 Array-Raum enthält. Aufgrund der natürlichen Strukturierung der beleuchteten oder auch selbstleuchtenden Objektoberfläche sind die in jedem Element des Empfänger-Arrays aufgenommenen Signalverläufe S_{1j} und S_{2j} mehr oder weniger moduliert. Aus der Auswertung dieser Modulation, die besonders an den scharf

30 abgebildeten Elementen der Objektoberfläche auftritt, soll die z_0 -Position des jeweils zugehörigen Elementes der Objektoberfläche bestimmt werden. Die beiden Signalverläufe S_{1j} und S_{2j} von zwei korrespondierenden Elementen $1j$ und $2j$ der

Empfänger-Arrays sind über dem Weg der Verschiebung der beiden Empfänger-Arrays im Speicher eines Rechners abgelegt. Dabei stellen genau die Elemente von zwei Empfänger-Arrays korrespondierende Elemente dar, deren Bilder im Objektraum in einem Schärfevolumen zumindest zu einem Zeitpunkt koinzidieren. So bilden ein Element des ersten und ein Element des zweiten Empfänger-Arrays in einem gemeinsamen Schärfevolumen zumindest zu einem Zeitpunkt ein Paar korrespondierender Elemente. Es werden nun aus jedem der beiden Signalverläufe S_{1j} und S_{2j} mittels einer Fensterfunktion mit mindestens einem einzigen Fenster, mit einer minimalen Fensterlänge entsprechend zwei Signalwerten und einer maximalen Fensterlänge, die zumindest näherungsweise der Länge der Signalverläufe S_{1j} und S_{2j} entspricht, sich überdeckende Signalstücke $S_{1 \text{ teil } j}$ und $S_{2 \text{ teil } j}$ in jedem der beiden Signalverläufe S_{1j} und S_{2j} aus den Fenstern gebildet. Vorteilhaft sind Fensterlängen mit einer Länge von beispielsweise 8 oder 16 Signalwerten. Es erfolgt das synchrone Verschieben dieser Fensterfunktion, um mindestens einen Signalwert, der einem Inkrement der Verschiebung der Empfänger-Arrays entspricht, über jeden dieser beiden Signalverläufe S_{1j} und S_{2j} und aus jedem aktuellen Fenster in der Position k , mit $1 \leq k \leq m$, wird je ein Signalstück $S_{1 \text{ teil Position } k j}$ und $S_{2 \text{ teil Position } k j}$ gebildet. Dabei überdecken sich diese nacheinander gebildeten Signalstücke $S_{1 \text{ teil } j \text{ Position } k j}$ und $S_{2 \text{ teil } j \text{ Position } k j}$ in jedem der beiden Signalverläufe S_{1j} und S_{2j} in einem Teilbereich, wobei jeweils am gleichen Ende der beiden Signalverläufe S_{1j} und S_{2j} mit dem Verschieben der Fensterfunktion in beiden Signalstücken begonnen wird. Anschließend wird, jeweils ausgehend von zwei Signalstücken in der Position 1 $S_{1 \text{ teil Position } 1 j}$ und $S_{2 \text{ teil Position } 1 j}$, die Kreuzkorrelationsfunktion berechnet, wobei jedoch vorher eines der beiden Signalstücke invertiert wird, das heißt alle Werte desselben gespiegelt werden, und

so aus einem originalen Signalstück S_1 Teil Position 1 j und aus einem invertierten Signalstück S_2 Teil Position 1 INV j das Maximum der Kreuzkorrelationsfunktion $MCC_{1\ 2\ j\ Position\ 1}$ berechnet und gespeichert wird. Die Invertierung ist notwendig, um korrelierbare Signale zu erhalten, da die Abbildungsstrahlen der Elemente eines korrespondierenden Paares sich im Objektraum bei der Verschiebung in einem zumindest näherungsweise gleichen Ausschnitt der Szene entlang einer Spur gegensinnig bewegen, also beispielsweise aufeinander zu. Dabei liegt diese Spur parallel zum Hauptschnitt der 3D-Aufnahmeanordnung. Nach dem Berechnen des Maximums der Kreuzkorrelationsfunktion $MCC_{1\ 2\ j\ Position\ 1}$ in der Position 1 erfolgt das Verschieben der Fensterfunktion in die Position 2, so daß für die beiden nächsten Signalstücke das Maximum der Kreuzkorrelationsfunktion $MCC_{1\ 2\ j\ Position\ 2}$ in der beschriebenen Art berechnet wird, bis die Fensterfunktion am anderen Ende der beiden Signalverläufe S_{1j} und S_{2j} in der Position m angekommen ist und wiederum das Maximum $MCC_{1\ 2\ j\ Position\ m}$ der Kreuzkorrelationsfunktion $MCC_{1\ 2\ j\ Position\ m}$ bestimmt wird. Aus den m berechneten Maxima MCC_m wird eine Maximalwert-Kurve gebildet, wobei in dieser Maximalwert-Kurve wiederum das sich ergebende Maximum M_{mj} bestimmt wird und der Ort des Maximums M_{mj} der Maximalwert-Kurve den beiden originalen Signalverläufen und damit dem Weg der Verschiebung der beiden Empfänger-Arrays zugeordnet wird. Diese so berechnete Maximalwert-Kurve kann den Verlauf einer Gauß-Funktion aufweisen. Um Fehlern vorzubeugen, kann eine Intensitätsschwelle verwendet werden, wodurch Signalstücke mit sehr geringer mittlerer Intensität von der weiteren Verarbeitung ausgeschlossen werden. So wird der Ort des jeweiligen Maximums M_j als Ort des zu den beiden korrespondierenden Elementen 1j und 2j zugehörigen Bildes des jeweiligen Elementes der Objektoberfläche im Array-Raum definiert. Aus dem Ort dieses Maximums M_j im Array-Raum wird die

z_0 -Koordinate des jeweiligen Elementes der Objektoberfläche in z_0 -Richtung berechnet und auch die x_0 - und y_0 -Position des jeweiligen Elementes einer Objektoberfläche, da die Geometrie der 3D-Aufnahmeanordnung bekannt ist. So können die Positionen von den Elementen einer Objektoberfläche, von welchen Signalverläufe aufgenommen werden, berechnet werden, wobei die Geometrie der 3D-Aufnahmeanordnung bekannt und die Verschiebungen, einschließlich die Schrittweite der Verschiebung, der beiden Empfänger-Arrays vorbestimmt sind.

10

Weiterhin kann die Achse eines ersten Abbildungsobjektivs für die Abbildung der Objektoberflächen parallel zur Achse eines zweiten Abbildungsobjektivs für die Abbildung der Objektoberflächen ausgerichtet sein. Es ist möglich, daß die Hauptebene des ersten Abbildungsobjektivs im Array-Raum und die Hauptebene des zweiten Abbildungsobjektivs zumindest näherungsweise in einer gemeinsamen Ebene zusammenfallen und die Empfänger-Arrays sich zumindest näherungsweise gemeinsam in einer Ebene befinden. So ist gegeben, daß der Punkt P_{A1} auf der Symmetrielinie liegt und der Punkt P_{A2} auf der Symmetrielinie liegt und so die beiden Punkte P_{A1} und P_{A2} zumindest näherungsweise in einem Punkt P_A zur Koinzidenz gebracht werden. So kann von Freiraumszenen auch im Hintergrund der Szene die 3D-Punktwolke gewonnen werden.

25

Weiterhin wird ein Verfahren zur 3D-Aufnahme von Objektoberflächen in einer Szene vorgeschlagen, bei dem vorzugsweise beleuchtete Objektoberflächen mit einem ersten und mindestens einem zweiten Abbildungsstrahlengang abgebildet werden. Im Aufnahmevorgang werden die zwei Empfänger-Arrays gleichzeitig und parallel zu den jeweiligen optischen Achsen der parallelen, zumindest näherungsweise baugleichen Abbildungsstrahlen-

30

gänge, deren Hauptebenen zusammenfallen, verschoben, wobei die Objektoberflächen in der Szene beleuchtet sind. Der Signalverlauf S_{1z} wird durch Auslesen von lateral nebeneinander liegenden Elementen des ersten Empfänger-Arrays während der

5 Verschiebung des ersten Empfänger-Arrays so gebildet, daß jeweils genau die Elemente des Empfänger-Arrays zur Signalbildung benutzt werden, die auf Strecken liegen, die parallel zu einer Geraden g_{A1P} ausgerichtet sind, die den Punkt P_A in der gemeinsamen Hauptebene der Abbildungsobjektive schneidet. So

10 entspricht der gebildete Signalverlauf dem bei einer realen Verschiebung parallel zu einer Geraden g_{A1P} entstehenden Signalverlauf S_1 zumindest annähernd und der Signalverlauf S_{2z} wird durch Auslesen von lateral nebeneinander liegenden Elementen des zweiten Empfänger-Arrays während der Verschiebung

15 des zweiten Empfänger-Arrays so gebildet, daß jeweils genau die Elemente des Empfänger-Arrays zur Signalbildung benutzt werden, die auf Strecken liegen, die parallel zu einer Geraden g_{A2P} ausgerichtet sind, die den Punkt P_A in der gemeinsamen Hauptebene der Abbildungsobjektive schneidet. So ent-

20 spricht der gebildete Signalverlauf S_{2z} dem bei einer realen Verschiebung parallel zu einer Geraden g_{A2P} entstehenden Signal S_2 zumindest annähernd. So wird zumindest jeweils zu einem Zeitpunkt t_i in einem Zeitintervall Δt_i ein aktueller Ko-

25 inzidenzpunkt von Elementen der beiden Empfänger-Arrays gebildet, der im Zeitbereich Δt_B nacheinander jeweils an verschiedenen vorbestimmten Orten des Objektraumes gebildet wird.

Aus den beiden Signalverläufen S_{1j} , S_{2j} von zwei zumindest je-

30 weils zu einem Zeitpunkt korrespondierenden Elementen der Empfänger-Arrays wird durch das vordem bereits beschriebene Korrelationsverfahren mit zwei gefensterten Signalverläufen

mit der jeweils stückweisen Inversion von Signalstücken zur Bestimmung der z_0 -Position eines Elementes der Objektoberfläche die z_0 -Koordinate des jeweiligen Elementes der Objektoberfläche berechnet und so auch deren x_0 - und y_0 -Position, und so wird die gesamte 3D-Punktwolke von Objektoberflächen in einer Szene berechnet, wobei die Geometrie der 3D-Aufnahmeanordnung bekannt und die Verschiebungen der Empfänger-Arrays vorbestimmt sind.

10 Weiterhin kann auch das Abbildungsobjektiv zum Empfänger-Array verschoben werden.

Weiterhin wird ein Verfahren zur 3D-Aufnahme von Objektoberflächen in einer Szene mit mindestens einer elektromagnetischen Strahlungsquelle vorgeschlagen, die als ein strukturiert leuchtendes Array mit Bereichen unterschiedlicher Leuchtdichte ausgebildet ist. Weiterhin ist vorzugsweise mindestens eine Strahlungsquelle mittels mindestens eines strukturierten Arrays als ein strukturiert leuchtendes Array mit leuchtenden Flächenelementen ausgebildet. Dabei kann vorzugsweise auch ein strukturiertes Array in der Art eines Liniengitters mit einer vorgeordneten Strahlungsquelle zur Anwendung kommen. Weiterhin kann im Array-Raum ein elektronisch steuerbares Liniengitter ausgeführt sein. Die Strahlungsquelle und das strukturierte Array bilden gemeinsam das strukturiert leuchtende Array. Die Orte bestimmter relativer Leuchtdichte des strukturiert leuchtenden Arrays und auch die der lokalen Extrema der Leuchtdichte dieses strukturiert leuchtenden Arrays können elektronisch verschiebbar gemacht sein.

30 Die Strahlungsquelle kann für Strahlung im sichtbaren und im unsichtbaren Spektralbereich ausgelegt sein, beispielsweise im Spektralbereich von 750 nm bis 900 nm. Weiterhin ist min-

destens ein Beleuchtungsstrahlengang mit mindestens einem Beleuchtungsobjektiv angeordnet. Dem Beleuchtungsobjektiv ist das strukturiert leuchtende Array zugeordnet. Es kann aber auch ein Bild des strukturiert leuchtenden Arrays dem Beleuchtungsobjektiv zur Abbildung zugeordnet sein. Dabei weist das Beleuchtungsobjektiv eine effektive Öffnungsblende mit einer Ausdehnung D_B und einem Blendenzentrum BZ_B auf. Das strukturiert leuchtende Array und das Beleuchtungsobjektiv dienen zur strukturierten Beleuchtung der Objektoberflächen in der Szene. Weiterhin ist mindestens ein Abbildungsstrahlengang mit mindestens einer Abbildungsstufe für die Abbildung der Elemente der Objektoberflächen in der Szene angeordnet. Diesem Abbildungsobjektiv ist mindestens ein Empfänger-Array zugeordnet. Das Abbildungsobjektiv weist zur Abbildung der Elemente der Objektoberflächen eine effektive Öffnungsblende mit einem Blendenzentrum BZ_A auf. Diesem Abbildungsobjektiv ist mindestens ein Empfänger-Array mit Elementen, die im Aufnahmeprozess Licht von den Elementen der strukturiert beleuchteten Objektoberflächen im Objektraum detektieren, zugeordnet. Dabei beträgt der Abstand d des Pupillenzentrums PZ_{OB} des Beleuchtungsobjektivs, als Bild des Blendenzentrums BZ_B im Objektraum, vom Pupillenzentrum PZ_{OA} des Abbildungsobjektivs, als Bild des Blendenzentrums BZ_A im Objektraum, mindestens ein Achtel der Ausdehnung D_B der Öffnungsblende des Beleuchtungsobjektivs. Dabei wird aus einem leuchtenden Flächenelement in einer Leuchtdichteverteilung mit einer vorzugsweise, zumindest näherungsweise vorherbestimmt gleichbleibenden, relativen Leuchtdichte durch Abbildung mit dem Beleuchtungsobjektiv ein Bild eines leuchtenden Flächenelementes im Objektraum gebildet. Weiterhin ist ein Bewegungssystem mit vorzugsweise mindestens einer beweglichen Komponente angeordnet, welches dem strukturiert leuchtenden Array zugeordnet ist. Die Verschiebungsstrecken der leuchtenden Flä-

chenelemente im Array-Raum sind vorzugsweise aus der mechanischen Bewegung des strukturiert leuchtenden Arrays gebildet. Es ist aber auch möglich, daß zeitgleich eine elektronische Verschiebung der leuchtenden Flächenelemente, beispielsweise
5 in lateraler Richtung stattfindet und das Bewegungssystem mit mindestens einer beweglichen Komponente eine Bewegung des strukturiert leuchtenden Arrays parallel zur optischen Achse des Beleuchtungsobjektivs realisiert. Nach Abbildung dieser Verschiebungsstrecken durch das Beleuchtungsobjektiv in den
10 Objektraum ist deren Bild zumindest näherungsweise als ein Streckenbüschel SB_1 mit einem Konvergenzpunkt K_1 gebildet.

Weiterhin können bei einer Anordnung zur 3D-Aufnahme von Objektoberflächen in einer Szene die Verschiebungsstrecken der
15 leuchtenden Flächenelemente zumindest annähernd parallel angeordnet sein und so der Konvergenzpunkt K_1 zumindest annähernd in der Brennebene des Beleuchtungsobjektivs im Objektraum und im Pupillenzentrum des Abbildungsobjektivs im Objektraum positioniert sein.

20

Weiterhin kann bei einer Anordnung zur 3D-Aufnahme von Objektoberflächen in einer Szene das leuchtende Array als elektronisch steuerbares Liniengitter mit einer Steuerbarkeit des Ortes der Linien und der Linienbreite ausgebildet sein. Dabei
25 können die Linien senkrecht zum Hauptschnitt angeordnet sein und die Verschiebungsstrecken der leuchtenden Flächenelemente und so auch der leuchtenden Flächenelemente mit lokalen Extrema der Leuchtdichte im Array-Raum - als Resultat der mechanischen Bewegung des strukturiert leuchtenden Arrays und
30 der elektronischen Steuerung des strukturiert leuchtenden Arrays im Array-Raum gebildet sein. Aus diesen Verschiebungsstrecken kann im Array-Raum im Hauptschnitt und in jeder zum

Hauptschnitt parallelen Schnittebene zumindest näherungsweise mindestens ein Streckenbüschel mit einem Konvergenzpunkt K_1 gebildet sein. Der Konvergenzpunkt K_1 des Streckenbüschels kann im Pupillenzentrum PZ_{AA} des Abbildungsobjektivs im
5 Array-Raum angeordnet sein.

Weiterhin können bei einer Anordnung zur 3D-Aufnahme von Objektoberflächen in einer Szene die Verschiebungsstrecken der leuchtenden Flächenelemente zumindest annähernd parallel zu
10 einer definierten Geraden g_{AP} angeordnet sein. Dabei weisen die leuchtenden Flächenelemente in einer Leuchtdichteverteilung vorzugsweise eine zumindest näherungsweise vorherbestimmt gleichbleibende relative Leuchtdichte auf. Die Gerade g_{AP} schneidet den Brennpunkt F_{AB} des Beleuchtungsobjektivs im
15 Array-Raum und weist den Anstieg mit dem Betrag aus dem Quotienten „Abstand des Pupillenzentrums PZ_{OA} der Pupille des Abbildungsobjektivs im Objektraum von der Achse des Beleuchtungsobjektivs und Brennweite f_B des Beleuchtungsobjektivs“ auf, wobei dieser Anstieg der Geraden g_{AP} auf die Achse des
20 Beleuchtungsobjektivs bezogen ist.

Weiterhin kann bei einer Anordnung zur 3D-Aufnahme von Objektoberflächen in einer Szene eine Komponente des Bewegungssystems dem Empfänger-Array zugeordnet sein, und so bei der me-
25 chanischen Bewegung des Empfänger-Arrays auf einer Verschiebungsstrecke dessen Elementen Verschiebungsstrecken AS_{Aj} auf parallelen Geraden zugeordnet sein, wobei vorzugsweise aus den Bildern AS_{Oj} dieser Strecken AS_{Aj} bei Abbildung durch das Abbildungsobjektiv zumindest näherungsweise ein Streckenbü-
30 schel SB_2 mit einem Konvergenzpunkt K_2 im Objektraum gebildet sein kann. Dabei kann der Konvergenzpunkt K_1 und der Konvergenzpunkt K_2 mit dem Brennpunkt F_{OA} und dem Pupillenzentrum

PZ_{OA} der Pupille des Abbildungsobjektivs im Objektraum zumindest annähernd zur Koinzidenz gebracht sein. Weiterhin kann das Abbildungsobjektiv auf der Seite des Raumes der Arrays telezentrisch ausgeführt sein.

5

Weiterhin kann bei einer Anordnung zur 3D-Aufnahme von Objektoberflächen in einer Szene eine Komponente des Bewegungssystems dem Empfänger-Array zugeordnet sein und so bei der mechanischen Bewegung des Empfänger-Arrays auf einer Verschiebungsstrecke dessen Elementen Verschiebungsstrecken AS_{Aj} auf parallelen Geraden zugeordnet sein, wobei aus den Bildern dieser Strecken bei Abbildung durch das Abbildungsobjektiv zumindest näherungsweise mindestens ein Streckenbüschel SB_2 mit einem Konvergenzpunkt K_2 im Objektraum gebildet ist. Der Konvergenzpunkt K_1 und der Konvergenzpunkt K_2 können mit dem Brennpunkt F_{OA} und dem Pupillenzentrum PZ_{OA} der Pupille des Abbildungsobjektivs im Objektraum zumindest annähernd zur Koinzidenz gebracht sein und das Beleuchtungsobjektiv und das Abbildungsobjektiv jeweils auf der Seite des Raumes der Arrays telezentrisch ausgeführt sein. So können die Achsen des Beleuchtungsobjektivs und des Abbildungsobjektivs parallel zueinander angeordnet sein und die Brennebenen derselben im Objektraum zur Koinzidenz gebracht sein. Weiterhin können bei einer Anordnung zur 3D-Aufnahme von Objektoberflächen in einer Szene die Komponenten des Bewegungssystems so angeordnet sein, daß im Array-Raum mit dem Brennpunkt F_{AB} des Beleuchtungsobjektivs als Bezugspunkt für das leuchtende Array eine Gesamtbewegungsrichtung zumindest annähernd parallel zu einer Geraden g_A im Array-Raum realisiert ist, so daß die Elemente des strukturiert leuchtenden Arrays sich auf parallelen Geraden zur Geraden g_A bewegen und diese Gerade g_A mit dem Brennpunkt F_{AB} des Beleuchtungsobjektivs im Array-Raum

zum Schnitt gebracht ist und den Anstieg mit dem Betrag aus dem Quotienten „Brennweite f_b des Beleuchtungsobjektivs und Abstand d des Brennpunktes F_{AA} des Abbildungsobjektivs im Objektraum von der Achse des Beleuchtungsobjektivs“ aufweist, wobei dieser Anstieg der Geraden g_A auf eine achssenkrechte Gerade zur Achse des Beleuchtungsobjektivs bezogen ist.

Weiterhin kann bei einer Anordnung zur 3D-Aufnahme von Objektoberflächen in einer Szene das strukturierte Array zumindest auf einem Teilbereich einer Scheibe ausgebildet sein, der vorzugsweise eine rotatorische Präzisionslagerung mit einer Welle mit einem rotatorischen Motor zugeordnet ist, so daß eine rotierende Scheibe gebildet ist.

Weiterhin kann bei einer Anordnung zur 3D-Aufnahme von Objektoberflächen in einer Szene die rotierende Scheibe mit transparenten Platten-Sektoren unterschiedlicher geometrisch-optischer Dicke ausgebildet sein.

Weiterhin kann bei der Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche in mindestens einer Szene das Empfänger-Array eine Farbkamera darstellen.

Außerdem ist die Anwendung eines speziellen Empfänger-Arrays mit RGB-Kanälen und einem vierten Kanal, dem NIR-Kanal, beispielsweise mit einem Wellenlängenintervall von 750nm bis 900nm, für die Gewinnung der Information für die 3D-Punktwolke möglich.

Weiterhin ist in einer Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche in mindestens einer Szene mit

mindestens einer elektromagnetischen Strahlungsquelle die Strahlungsquelle mittels mindestens eines strukturierten Arrays als ein strukturiert leuchtendes Array mit leuchtenden Flächenelementen ausgebildet. Es ist mindestens ein Beleuchtungsstrahlengang mit mindestens einem Beleuchtungsobjektiv, welches eine effektive Öffnungsblende mit einer Ausdehnung D_B und einem Blendenzentrum BZ_B aufweist, zur strukturierten Beleuchtung der Objektoberflächen im Objektraum angeordnet. Das Beleuchtungsobjektiv ist dem strukturiert leuchtenden Array, einschließlich einem Bild desselben, zugeordnet. Außerdem ist dem mindestens einen Beleuchtungsstrahlengang ein Abbildungsstrahlengang zugeordnet mit mindestens einer Abbildungsstufe für die mindestens eine Objektoberflächen mit mindestens einem dem Empfänger-Array oder einem Bildes desselben zugeordneten Abbildungsobjektiv zur Abbildung der Elemente der Objektoberflächen, welches eine effektive Öffnungsblende mit einem Blendenzentrum BZ_A aufweist. Mittels eines Empfänger-Arrays wird im Aufnahmevorgang elektromagnetische Strahlung von den Elementen der beleuchteten Objektoberflächen im Objektraum detektiert. Der Abstand d des Pupillenzentrums PZ_{OB} des Beleuchtungsobjektivs, als Bild des Blendenzentrums BZ_B im Objektraum, vom Pupillenzentrum PZ_{OA} des Abbildungsobjektivs, als Bild des Blendenzentrums BZ_A im Objektraum, beträgt mindestens ein Achtel der Ausdehnung D_B der Öffnungsblende des Beleuchtungsobjektivs. Die leuchtenden Flächenelemente weisen in einer Leuchtdichtevertelung eine zumindest näherungsweise vorherbestimmten Leuchtdichte auf, so daß durch die Abbildung mit dem Beleuchtungsobjektiv mindestens ein Bild eines leuchtenden Flächenelementes im Objektraum gebildet ist. So ist erfindungsgemäß im Objektraum das Schärfevolumen mindestens eines Bildes eines leuchtenden Flächenelementes in einem strukturiert leuchtenden Array - durch die vorbestimmte Zuordnung des leuchtenden Flächenelementes zum

Beleuchtungsobjektiv und die Zuordnung der Elemente des Empfänger-Arrays zum Abbildungsobjektiv und die Zuordnung von Beleuchtungsobjektiv zum Abbildungsobjektiv in der 3D-Aufnahme-Anordnung unter Anwendung der Newtonschen Abbildungsgleichung - permanent in das Schärfevolumen eingepaßt, welches durch die Gesamtheit der Bilder der Elemente des Empfänger-Arrays im Objektraum dargestellt ist.

Dabei weist das Schärfevolumen, welches durch die Gesamtheit der Bilder der Elemente des Empfänger-Arrays in Strahlausbreitungsrichtung gegeben ist, mindestens eine so große Tiefenausdehnung wie das Schärfevolumen eines einzelnen Bildes eines leuchtenden Flächenelementes auf. Im Objektraum ist jeweils ein Bild eines leuchtenden Flächenelementes eines strukturierten Arrays mindestens einem Bild eines Elementes des Empfänger-Arrays fest zugeordnet.

Aus dem Datensatz von einer bekannten Soll-Objektoberfläche kann ein strukturiert leuchtendes Array mit mehreren fest angeordneten leuchtenden Flächenelementen in einer räumlichen Struktur gestaltet werden. Im Objektraum entstehen nach Abbildung der Flächenelemente durch das Beleuchtungsobjektiv an verschiedenen Orten Bilder derselben. In der 3D-Aufnahme-Anordnung ist in den optisch konjugierten Orten im Array-Raum des Abbildungsobjektivs jeweils mindestens ein Element eines Empfänger-Arrays angeordnet. Bei der exakten Positionierung eines Objektes im Objektraum, welches dort Elemente der Objektoberfläche aufweist, wo sich ein Bild der leuchtenden Flächenelemente befindet, detektieren die Elemente des Empfänger-Arrays jeweils einen Signalwert oberhalb eines Schwellwertes. In diesem Fall erfolgt eine parallele Detektion durch die Elemente des Empfänger-Arrays. Dies kann mit ei-

ner hohen Geschwindigkeit durchgeführt werden.

Weiterhin kann bei einer Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche das strukturierte Array als ein
5 transparentes Mikrolinsen-Array ausgebildet sein und die Brennweite und die axiale Lage der Mikrolinsen so gestaltet sein, daß deren Foki in einer 3D-Fläche angeordnet sind, die zumindest näherungsweise eine zur Sollfläche optisch konjugierte Fläche darstellt. Die Foki der Mikrolinsen stellen zu-
10 mindest näherungsweise einige optisch konjugierten Orte der Sollfläche eines Prüflings dar. So kann durch die Bestimmung der Fokuslage im Bild die Abweichung von einer Sollage bestimmt werden.

15 Weiterhin kann bei einer Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche auf dem strukturierten Array mindestens ein Relief mit einer räumlichen Struktur mit mindestens einer Periode in Form von mindestens einer Rampe mit mindestens einer in der Ausgleichsfläche schrägen Rampenfläche
20 che gebildet sein. Auf der schrägen Rampenfläche sind vorzugsweise leuchtende Flächenelemente als Binär-Code-Muster angeordnet. Diese Flächenelemente werden durch Fensterflächen gebildet, die von der Strahlungsquelle beleuchtet werden. Die Rampenflächen sind vorzugsweise so geneigt, daß die Ausgleichsgerade AG_{A_j} durch die schräge Rampenfläche im Haupt-
25 schnitt nach Abbildung durch das Beleuchtungsobjektiv im Objektraum als Bild eine Gerade AG_{O_j} liefert, die zumindest näherungsweise auf das Pupillenzentrum PZ des Abbildungsobjektivs zielt. In der Regel sind mehrere Rampen vorhanden, so
30 daß die verschiedenen Ausgleichsgeraden AG_{O_j} von mehreren verschiedenen Rampen nach deren Abbildung durch das Beleuchtungsobjektiv aus deren Bildern ein Geradenbündel mit einen

Konvergenzpunkt K_1 gebildet ist. Das Beleuchtungsobjektiv ist dabei vorzugsweise hoch geöffnet. Der Konvergenzpunkt K_1 ist dabei zumindest näherungsweise im Pupillenzentrum PZ des Abbildungsobjektivs zur Koinzidenz gebracht. So ist gegeben,

5 daß bei der Aufnahme von Bildern der Objektoberfläche in allen Tiefen eindeutig eine Rampe verfolgt werden kann, ohne daß es Probleme mit lateralen Fehllagen gibt. Das Abbildungsobjektiv kann vergleichsweise kurzbrennweitig sein, kürzer als das Beleuchtungsobjektiv, und ist dabei so weit abgeblendet,

10 daß ein großer Tiefenschärfebereich gegeben ist. Damit bestimmt der Tiefenschärfebereich des Abbildungsobjektivs hier den Tiefenbereich für die 3D-Aufnahmeanordnung. Die Bilder der Rampen bilden im Hauptschnitt ein Büschel mit dem Ursprungspunkt im Pupillenzentrum PZ. So wird die zu detektierende Objektoberfläche von den Rampenbildern durchschnitten.

15 Im Schnittpunkt eines Rampenbildes mit der Objektoberfläche entsteht jeweils ein scharfes Bild von der Maske auf der Rampefläche.

20 Weiterhin können bei einer Anordnung zur 3D-Aufnahme von Objektoberflächen in einer Szene mit zwei Abbildungsstrahlengängen mit zwei zumindest näherungsweise baugleichen, parallel angeordneten Abbildungsobjektiven, einem ersten Abbildungsobjektiv und einem zweiten Abbildungsobjektiv, die Hauptebenen der beiden Abbildungsobjektive zur Koinzidenz ge-

25 bracht sein und jedem derselben je ein Empfänger-Array mit detektierenden Elementen zugeordnet sein, so daß ein erstes und ein zweites Empfänger-Array angeordnet sind, dem mindestens je ein Bewegungssystem zugeordnet ist. Die resultierende Bewegung des ersten Empfänger-Arrays kann dabei auf einer

30 Strecke AS_{A1} auf dem ersten oberen Ast eines Buchstabens Y erfolgen und die Strecke AS_{A1} kann parallel zu einer Geraden

g_{A1P} liegen, die zum einen den Brennpunkt des ersten Abbildungsobjektivs im Array-Raum schneidet und andererseits den Durchstoßpunkt P_A der Symmetrielinie zwischen den beiden optischen Achsen der beiden Abbildungsobjektive durch die zusammenfallenden Hauptebenen schneidet, so daß sich die detektierenden Elemente des ersten Empfänger-Arrays auf den Strecken AS_{A1j} bewegen, wobei ein Teil der Symmetrielinie den unteren Teil des Buchstabens Y bildet. Die resultierende Bewegung des zweiten Empfänger-Array kann auf einer Strecke AS_{A2} auf dem zweiten oberen Ast des Buchstabens Y erfolgen, und die Strecke AS_{A1} kann parallel zu einer Geraden g_{A2P} liegen, die zum einen den Brennpunkt des zweiten Abbildungsobjektivs im Array-Raum schneidet und andererseits den Durchstoßpunkt P_A der Symmetrielinie zwischen den beiden optischen Achsen der beiden Abbildungsobjektive durch die zusammenfallenden Hauptebenen schneidet. So können sich die detektierenden Elemente des zweiten Empfänger-Arrays auf den Strecken AS_{A1j} bewegen. Die Szene kann eine Freiraumszene sein.

Weiterhin kann die resultierende Bewegung des ersten Empfänger-Arrays auf einer Strecke parallel zur optischen Achse des ersten Abbildungsobjektivs erfolgen, und genau die Elemente des ersten Empfänger-Arrays ausgelesen werden und aus diesen ein Signalverlauf gebildet werden, welche sich auf Strecken AS_{A1j} befinden, die parallel zu einer Geraden g_{A1P} liegen, die zum einen den Brennpunkt des ersten Abbildungsobjektivs im Array-Raum schneiden und andererseits den Durchstoßpunkt P_A der Symmetrielinie zwischen den beiden optischen Achsen der beiden Abbildungsobjektive durch die zusammenfallenden Hauptebenen schneiden. So entsprechen die zur Signalbildung verwendeten Elemente des ersten Empfänger-Array denen, welche sich auf Strecken AS_{A1j} befinden, wobei ein Teil der Symme-

trielinie den unteren Teil eines Buchstabens Y bildet und die resultierende Bewegungsrichtung des zweiten Empfänger-Array kann auf einer Strecke parallel zur optischen Achse des zweiten Abbildungsobjektivs erfolgen, wobei genau die Elemente
5 des zweiten Empfänger-Arrays ausgelesen werden und aus diesen ein Signalverlauf gebildet wird, welche sich auf Strecken AS_{A2j} befinden, die parallel zu einer Geraden g_{A2P} liegen, die zum einen den Brennpunkt des zweiten Abbildungsobjektivs im Array-Raum schneidet und andererseits den Durchstoßpunkt P_A
10 der Symmetrielinie zwischen den beiden optischen Achsen der beiden Abbildungsobjektive durch die zusammenfallenden Hauptebenen schneidet. So entsprechen die zur Signalbildung verwendeten Elemente des zweiten Empfänger-Array denen, welche sich auf Strecken AS_{A2j} befinden.

15

Weiterhin können bei einer Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche mit zwei Abbildungsstrahlengängen mit zwei zumindest näherungsweise baugleichen, parallel angeordneten Abbildungsobjektiven, einem ersten Abbildungsobjektiv und einem zweiten Abbildungsobjektiv, die Hauptebenen der beiden Abbildungsobjektive zumindest näherungsweise zur Koinzidenz gebracht sein und jedem derselben je ein Empfänger-Array mit detektierenden Elementen zugeordnet sein, so daß ein erstes und ein zweites Empfänger-Array mit Elementen
20 angeordnet sind, und das erste und das zweite Empfänger-Array mindestens je eine Empfängerfläche aufweisen, die jeweils senkrecht zum Hauptschnitt liegt. Dabei enthält die Empfängerfläche des ersten Empfänger-Arrays vorzugsweise eine Strecke AS_{A1} , die parallel zu einer Geraden g_{A1P} auf dem ersten oberen Ast eines Buchstabens Y liegt, die zum einen den Brennpunkt des ersten Abbildungsobjektivs im Array-Raum schneidet und andererseits den Durchstoßpunkt P_A der Symme-

30

triellinie SL zwischen den beiden optischen Achsen der beiden Abbildungsobjektive durch die zusammenfallenden Hauptebenen schneidet, so daß die detektierenden Elemente des ersten Empfänger-Arrays im Hauptschnitt auf der Strecke AS_{A1} angeordnet
5 sind. Dabei bildet vorzugsweise ein Teil der Symmetriellinie SL den unteren Teil des Buchstabens Y. Mindestens eine Empfängerfläche des zweiten Empfänger-Arrays liegt vorzugsweise auf einer Strecke AS_2 auf dem zweiten oberen Ast des Buchstabens Y parallel zu einer Geraden g_{A2P} , die zum einen den
10 Brennpunkt des zweiten Abbildungsobjektivs im Array-Raum schneidet und andererseits den Durchstoßpunkt P_A der Symmetriellinie SL zwischen den beiden optischen Achsen der beiden Abbildungsobjektive durch die zusammenfallenden Hauptebenen schneidet, so daß die detektierenden Elemente des zweiten
15 Empfänger-Arrays im Hauptschnitt auf der Strecke AS_{A1} angeordnet sind. Diese Anordnung ermöglicht die Detektion von beleuchteten Elementen der Objektoberfläche im Objektraum auf einer Ebene senkrecht zum Hauptschnitt. Die Empfänger-Matrizen sind im Aufbau gleich und in einer zur Symmetriellinie SL symmetrischen Position und in gleicher Höhe angeordnet.
20 net.

Bevorzugt wird vorgegangen wie folgt: Die Signale der beiden Empfängerflächen werden bevorzugt zeilenweise ausgelesen, so
25 daß die Empfängerfläche des ersten Empfänger-Arrays die Signalverläufe S_1 und die Empfängerfläche des zweiten Empfänger-Arrays die Signalverläufe S_2 liefert. Diese Signalverläufe werden Zeile für Zeile ausgewertet, wobei die Zeilen in gleicher Entfernung vom Hauptschnitt die jeweils korrespondierenden Elemente enthalten. Für das Auffinden des Ortes eines Elementes der Objektoberfläche im Objektraum kommt die
30 Auswertung entsprechend dem bereits beschriebenen Korrelati-

onsverfahren mit zwei gefensterten Signalverläufen zur Anwendung. Auch hier werden durch eine Fensterfunktion Signalstücke erzeugt. Ein Signalstück wird dabei jeweils invertiert, indem die Signalwerte gespiegelt werden. Es wird die

5 Kreuzkorrelation jeweils von einem originalen Signalstück und jeweils von einem invertierten Signalstück, wobei die Signalstücke jeweils symmetrisch angeordnete Zeilenausschnitte in der 3D-Anordnung repräsentieren, durchgeführt und jeweils ein Korrelationskoeffizient gewonnen und abgespeichert. Dabei

10 wird das Fenster der Fensterfunktion, welches beispielsweise eine Länge von 64 Pixeln aufweisen kann, beispielsweise in Schritten von einem Inkrement verschoben, das hier einem Pixel in der jeweils ausgewerteten Zeile entspricht. Für Überblicksmessungen kann auch ein größerer Verschiebungsschritt

15 des Fensters als um ein Pixel erfolgen. Die Länge des Fensters wird in Abhängigkeit von der relativen Öffnung gewählt. Dabei kann die Fensterlänge auch variabel gestaltet werden. So erfolgt die Bestimmung der z_0 -Position der Elemente der Objektoberfläche in einer zum Hauptschnitt senkrechten Ebene

20 in der Symmetrielinie SL.

Weiterhin können bei einer Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche einem Beleuchtungsobjektiv ein erstes Abbildungsobjektiv mit einem Empfänger-Array und ein

25 zweites Abbildungsobjektiv mit einem Empfänger-Array zugeordnet sein, wobei das Pupillenzentrum PZ_{0A} des ersten Abbildungsobjektivs im Abstand d vom Pupillenzentrum PZ_{0B} des Beleuchtungsobjektivs angeordnet ist. Jedem der beiden Abbildungsobjektive ist je ein räumlich strukturiertes Empfänger-

30 Array zugeordnet, so daß ein erstes und ein zweites Empfänger-Array im Array-Raum angeordnet sind. Dabei weisen das erste und das zweite räumlich strukturierte Empfänger-Array

mindestens je zwei Empfängerflächen auf räumlich getrennten Flächen auf und die Empfängerflächen des ersten und die Empfängerflächen des zweiten Empfänger-Arrays sind jeweils so angeordnet, daß zumindest näherungsweise Paare von optisch
5 konjugierten Bildern zumindest von Teilen von Empfängerflächen des ersten Empfänger-Arrays sowie von Teilen der Empfängerflächen des zweiten Empfänger-Arrays im Objektraum gebildet sind. Auch hier erfolgt die Auswertung mit dem Korrelationsverfahren mit zwei gefensterten Signalverläufen wie oben
10 bereits dargestellt.

Die Erfindung wird im folgenden nur beispielhaft unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben. In dieser zeigen:

15 Fig. 1 bis 10 verschiedene Darstellungen der Erfindung;
Fig. 11 bis 15 für das Verständnis der Erfindung und deren Erläuterung wichtige Details.

Es wird zunächst auf die Grundlagen der Erfindung anhand der
20 Fig. 11 bis 15 eingegangen.

Fig. 11 zeigt die Beleuchtung eines Objektes mit einer Objektoberfläche 200 durch eine Linse 201 mittels einer durch eine Lochblende 202 realisierten Lichtquelle. Die Öffnung der
25 Lochblende 202 ist auf der gestrichelt gezeichneten optischen Achse 203 der Linse 201 angeordnet. Die Fig. 11a, 11b und 11c unterscheiden sich im Abstand der Lochblende von der Linse, wie durch die Strecken A, B, C angedeutet.

30 In Fig. 11a ist der Abstand A zwischen Lochblende 202 und Hauptebene der Linse 201 so gewählt, daß der Bildpunkt der Lochblende 202 im Objekttinneren liegt. Demgemäß ist der in den Objektraum von der Lochblende 202 projizierte Lichtkegel

auf der Objektoberfläche noch vergleichsweise ausgedehnt, wie durch die Fläche A' angedeutet.

In Fig. 11b ist der Abstand zwischen Lochblende und Linse so gewählt, daß die Lochblende genau auf die Objektoberfläche
5 abgebildet wird. Die beleuchtete Fläche auf der Objektoberfläche ist sehr klein. In Fig. 11c ist der Abstand zwischen Lochblende und Linse so groß, daß der Lichtkegel bereits vor der Objektoberfläche seine geringste Ausdehnung aufweist und
10 zur Objektoberfläche hin wieder auseinander läuft. Je nach Abstand unterscheidet sich weiter die Lichtfleckgröße. Zu beachten ist nun zuerst, daß die Bildpunkte für die Situationen in Fig. 11a, 11b, 11c auf einer geraden Linie liegen, wie in Fig. 11d angedeutet. Zu beachten ist weiter, daß die unter-
15 schiedliche Ausdehnung der Lichtkegel in Situationen der Fig. 11a bis 11c zu einer unterschiedlich hohen Lichtintensität auf der Oberfläche führen und demgemäß der beleuchtete Fleck mehr oder weniger hell erscheint. Dies ist in den Fig. 11a bis 11c durch die Pfeile symbolisiert, deren Länge die Inten-
20 sität des an der Oberfläche in beliebige Richtungen gestreuten Lichtes darstellen. In Fig. 11b tritt die höchste Intensität des gestreuten Lichtes auf. Fig. 12 veranschaulicht noch einmal den Zusammenhang von Lochblendenabstand, Lichtfleckausdehnung und Intensität des gestreuten Lichtes.

25

Das Licht von der Oberfläche des Objektes 200 wird bei typischen Oberflächen diffus gestreut, so daß es unter verschiedenen Blickrichtungen beobachtbar ist. Dies ist in Fig. 13 dargestellt.

30

Prinzipiell ist bei einer einzelnen Lichtquelle wie einer Lochblende nun nicht festzulegen, wo eine besonders vorteilhafte Beobachtungsposition vorliegt. Im Regelfall erfolgt die

Beleuchtung eines Objektes aber simultan mit einer Vielzahl von Beleuchtungspunkten, beispielsweise mit einer Gitter- oder Streifenmaske zur Abschattung einer Lichtquelle. Dies erschwert eine Signalauswertung. Während es bei einer einfachen Lochblende nämlich ohne weiteres möglich ist, den Oberflächenpunkt zu bestimmen, indem einfach die Signalstärke beobachtet wird, treten bei Gitterblenden oder dergleichen weitere Schwierigkeiten auf, da noch identifiziert werden muss, wo der jeweils stark leuchtende Objektbereich eines bestimmten Beleuchtungspunktes auf dem Objekt liegt.

Die räumliche Zuordnung erfolgt nun typisch mit einem Detektorarray durch Auswertung der damit erhaltenen Signale. Um die Zuordnung und Auswertung zu erleichtern, ist es erwünscht, wenn ein bestimmter Bereich der Objektoberfläche stets auf dasselbe Element des Detektorarrays fällt. Hierzu wird in der Erfindung ein weiterer, aus der Optik bekannter Effekt ausgenützt, der mit Bezug auf Fig. 14 veranschaulicht wird.

Fig. 14a zeigt die Beleuchtung der Objektoberfläche (die sich im dargestellten Fall in der Bildebene befindet) mit einer Lochblende, deren Öffnung exakt auf der optischen Achse liegt. Gemäß der Anordnung der Lochblende auf der optischen Achse liegt auch der auf das Objekt projizierte Lochblendenbildpunkt auf der optischen Achse. Wird nun, wie in Fig. 14b dargestellt, die Lochblende lateral zur optischen Achse verschoben, und zwar um einen Abstand A , so wandert der Bildpunkt entsprechend lateral auf der Oberfläche um eine Strecke A' . Dies ist aus der geometrischen Optik gut bekannt.

Es ist einzusehen, daß eine Überlagerung der Verschiebung von Fig. 11 in Richtung der optischen Achse und der Bewegung von

Fig. 14 lateral zur optischen Achse eine Bewegung des Bildpunktes auf einer Gerade zur Folge haben wird, die eine Querkomponente zur optischen Achse aufweist, also gegen diese geneigt ist. Die vektorielle Bewegungsüberlagerung ist in Figur 5 15 veranschaulicht.

Um die Objektbereichsidentifizierung zu erleichtern, schlägt die Erfindung nun vor, die Beobachtung eines Objektpunktes durch ein Beobachtungssystem vorzunehmen, welches exakt auf 10 der geneigten Bildpunktgeraden liegt, die durch die Wanderung der Bildpunkte durch den Objektraum beschrieben ist. Wichtig beim Übergang von Blenden auf Gitter ist nun, daß unterschiedlich weit von der optischen Achse entfernt liegende Leuchtpunkte, wie beispielsweise in unterschiedlichen Entfernungen zur optischen Achse vorgesehene Öffnungen einer Abschattungsblende bei gleicher Bewegung eines abschattenden 15 Gitters Bildpunktgeraden mit unterschiedlicher Neigung im Objektraum ergeben. Dies ist mit Bezug auf Fig. 15a veranschaulicht. Es kann gezeigt werden, daß alle diese Bildpunktgeraden in einem einzigen Punkt zusammenlaufen, nämlich dem konfokalen Punkt, welcher auf der Fokalebene der Abbildungsoptik 20 liegt. Die Erfindung nutzt diese Erkenntnis, indem die Pupille des Beobachtungssystems in diesen Punkt gesetzt wird; so ist eine Beobachtung der Objektoberflächenbereiche abschließend längs Bildpunktgeraden möglich, wie durch Fig. 25 15b veranschaulicht, was die Auswertung auf die gewünschte Weise vereinfacht.

Fig. 15c zeigt Signalverhalten in einer Anordnung, bei welcher 30 eine einzige Öffnung zur Beleuchtung verwendet wird, vergleiche Fig. 11a. Aufgetragen ist die beobachtete Lichtintensität I über der Gitter-Verschiebungsstrecke X . Der starke Signalanstieg, der näherungsweise einer Delta-Funktion ent-

spricht, ist dann gegeben, wenn der Bildpunkt auf die Objektoberfläche fällt und diese damit Licht mit besonders hoher Leuchtdichte streut. Bei Überlagerung mehrerer Leuchtelemente wie bei einer Gitterblende ergibt sich hingegen eine Situation wie in Fig. 15d, wo der Intensitätsverlauf I auf einem bestimmten Pixel mit der Verschiebung X des Abschattungsgitters dargestellt ist, wenn die Verschiebung X sowohl eine Komponente in Richtung der optischen Achse des zugehörigen Abbildungssystems als auch eine Komponente lateral dazu aufweist. Der Graph zeigt, daß zwar die Delta-Funktion von Fig. 15c Änderungen der Intensität erfährt, aber immer noch bei Fokussierung von Licht auf den vorgegebenen Bereich der Oberfläche eine deutliche Signalüberhöhung auftritt. So ist immer noch eine einfache Auswertung der Objektgestalt unter Berücksichtigung der Signalstärke auf einem einzelnen Arrayelement, das heißt Pixel möglich.

Die weitere Diskussion von Ausführungsformen nimmt auf die Figuren 1 bis 10 Bezug. In der Figur 1 werden die Anordnung und das Verfahren dargestellt. Es wird zwischen dem Array-Raum und dem Objektraum unterschieden. Es wird die folgende Notation verwendet: Die Größen und Punkte des Array-Raumes werden an erster Stelle mit dem Buchstaben A indiziert und die Größen und Punkte des Objektraumes mit dem Buchstaben O. An zweiter Stelle im Index wird das zugehörige Objektiv gekennzeichnet und zwar im Falle der Zugehörigkeit zum Beleuchtungsobjektiv 1 mit dem Buchstaben B und im Falle der Zugehörigkeit zum Abbildungsobjektiv 2 mit dem Buchstaben A. Im Array-Raum befinden sich ein Liniengitter 3 mit einer Gitterkonstante p und eine vorgeordnete Strahlungsquelle mit sichtbarem Licht, also eine Lichtquelle 4. Diese Lichtquelle 4 kann rechnergesteuert sein, so daß die mittlere Beleuchtungsstärke der Entfernung der jeweiligen Schärfebene nach dem

photometrischen Gesetz angepaßt ist. Das Liniengitter 3 ist dem Beleuchtungsobjektiv 1 mit einem telezentrischen Strahlengang im Array-Raum achsenkrecht und extrafokal zugeordnet. Das Beleuchtungsobjektiv 1 bildet das Liniengitter 3 in den Objektraum ab, wodurch zumindest zu einem Zeitpunkt eine strukturierte Beleuchtung der Objektoberfläche 5 entsteht. Zur Vereinfachung sind die beiden Hauptebenen des Beleuchtungsobjektivs 1, H_{AB} und H_{OB} , in der Figur 1 zusammengelegt. Bei Objektiven dieser Klasse liegen die beiden Hauptebenen weit auseinander. Im Array-Raum ist eine Empfänger-Matrix 6 dem Abbildungsobjektiv 2, welches einen ebenfalls telezentrischen Strahlengang im Array-Raum aufweist, achsenkrecht und extrafokal zugeordnet. Das Abbildungsobjektiv 2 bildet die Objektoberfläche 5 in den Array-Raum ab. Ein einzelner Abbildungsstrahl A_{01} ist dargestellt. Zur Vereinfachung sind die beiden Hauptebenen des Abbildungsobjektivs 2, H_{AA} und H_{OA} , in der Figur 1 ebenfalls zusammengelegt. Das Beleuchtungsobjektiv 1 und das Abbildungsobjektiv 2 sind mit ihren optischen Achsen zueinander parallel mit dem Achsenabstand d angeordnet. Das Beleuchtungsobjektiv 1 und das Abbildungsobjektiv 2 weisen die Array-seitigen Brennpunkte F_{AB} und F_{AA} und im Objektraum die Brennpunkte F_{OB} und F_{OA} auf. Wegen der Telezentrie fallen im Objektraum die Brennpunkte F_{OB} und F_{OA} mit den Austrittspupillen PZ_{OB} und PZ_{OA} zusammen. Es sind zwei Beleuchtungsstrahlen BLS_{01} und BLS_{02} und ein Abbildungsstrahl ABS_0 dargestellt. Die hier nicht dargestellte, erste Linearführung des Bewegungssystems ist mit der Empfänger-Matrix 6 starr verbunden und trägt eine zweite, hier nicht dargestellte, kleinere Linearführung, die wiederum das Liniengitter 3 trägt. Die erste Linearführung ist mit einem hochgenauen Längen-Meßsystem verbunden, welches einen hochstabilen Nullpunkt aufweist. Die Bewegungsachse der ersten Linearführung ist parallel zu den Objektivachsen und die Meßachse des Längen-Meßsystems liegt

dabei parallel zu den beiden Objektivachsen. Die Bewegungs-
richtung der zweiten Linearführung liegt senkrecht zu den Ob-
jektivachsen. Dem Liniengitter 3 auf der zweiten Linearfüh-
rung ist ein mit der ersten Linearführung fest verbundenes
5 Gegengitter mit einer Beleuchtungs- und Empfänger-Optik in
der Art eines inkrementalen Längenmeßsystems zugeordnet. Die
Auswerte-Elektronik weist eine elektronische Schnittstelle
zum Rechner auf, um die berechnete Verschiebung des Linien-
gitters 3 als Phaseninformation echtzeitnah im Rechner zur
10 Verfügung zu haben. Gleichzeitig ist auf dem Liniengitter 3
im Teil außerhalb des genutzten Bildfeldes eine erste Refer-
renzstruktur aufgebracht, die von einer zweiten Referenz-
struktur, die ebenfalls auf dem Gegengitter aufgebracht ist,
optisch abgetastet wird. Beide Linearführungen des Bewegungs-
15 systems starten aus der Nullposition heraus. Die Bewegungs-
richtung der ersten Linearführung ist parallel zur optischen
Achse des Abbildungsobjektivs ausgerichtet. Die Bewegung er-
folgt zu den Brennpunkten hin. Der kleineren, zweiten Linear-
führung, die das Liniengitter 3 trägt, ist ein Positions-
20 Regelsystem zugeordnet, um eine Bewegung des Liniengitters
mit einer möglichst konstanten Geschwindigkeit und damit auch
mit einer konstanten Phasengeschwindigkeit realisieren zu
können. Aus der aktuellen, absoluten Istphase φ_{Gitter} des Lini-
engitters 3, die von einem Nullpunkt abgeleitet ist, werden
25 die Sollwerte für die Position der ersten Linearführung er-
rechnet. Dies erfolgt so, daß sich die Orte gleicher Phase
oder gleicher relativer Leuchtdichte auf dem Liniengitter 3
parallel zu einer Geraden g_A , beispielsweise auf der B-
Strecke BS_{A2} bewegen. Die Gerade g_A ist so definiert, daß sie
30 den Brennpunkt F_{AB} des Beleuchtungsobjektivs 1 und außerdem
den Hauptpunkt H_{AA} des Abbildungsobjektivs 2 schneidet. Die
leuchtenden Flächenelemente bewegen sich im Array-Raum auf
den B-Strecken BS_{Aj} . Die Bilder dieser B-Strecken BS_{Aj} , ein-

schließlich der in der Figur 1 dargestellten B-Strecken BS_{A1} und BS_{A2} , werden in den Objektraum abgebildet. Beispielsweise werden aus den B-Strecken BS_{A1} und BS_{A2} die Bilder BS_{O1} und BS_{O2} . Die Bilder BS_{O1} und BS_{O2} bilden ein Streckenbüschel SB_1 mit dem Konvergenzpunkt K_1 , der mit den Brennpunkt F_{OA} des Abbildungsobjektivs 2 zusammenfällt. Weiterhin werden die Elemente des Empfänger-Arrays auf Strecken AS_{Aj} verschoben. Dargestellt sind die Strecken AS_{A1} und AS_{A2} . Deren Bilder stellen im Objektraum das Streckenbündel SB_2 mit den Strecken AS_{O1} und AS_{O2} mit dem Konvergenzpunkt K_2 dar, der im Brennpunkt F_{OA} des Abbildungsobjektivs 2 mit dem Konvergenzpunkt K_1 koinziiert, wobei der Koinzidenzpunkt von Konvergenzpunkt K_1 und von Konvergenzpunkt K_2 im allgemeinen der Koinzidenzpunkt K_0 ist. Durch dieses Bewegungsregime werden die achsenkrechten Ebenen des Objektraumes von der Schärfeffläche nacheinander "durchfahren", indem sich in jeder dieser Ebenen bei Vorhandensein einer Objektoberfläche ein vom Beleuchtungsobjektiv 1 scharf abgebildetes Streifenmuster beobachten läßt, welches durch das Abbildungsobjektiv 2 auf die Empfänger-Matrix 6 abgebildet wird. Dies führt dazu, daß jedes hinreichend kleine Objektdetail, im Objektraum, wenn es von der Schärfeffläche "erfaßt" wird, ein modulierte periodisches Signal im zugehörigen Pixel ij auf der Empfänger-Matrix 6 erzeugt, in welchem die Information über die absolute Phase φ_{Obj_ij} des Objektpunktes enthalten ist.

Figur 2 zeigt beispielsweise die Signalverläufe S_0 und S_R in einem Bildpunkt der Empfänger-Matrix 6 in Bezug zum Signalverlauf S_G , der am Liniengitter 3 mit Hilfe eines Gegengitters beim Bewegen des Gitters 3 detektiert werden kann. Dargestellt werden der Signalverlauf im Bildpunkt S_0 eines Objektpunktes und der Signalverlauf S_R im Bildpunkt eines Referenzpunktes. Hierbei befindet sich die Referenzplatte näher

am Brennpunkt F_{OB} als die Objektoberfläche. Am Abtastpunkt A_{PR} im Bereich des Modulationsmaximums des Signals im Bildpunkt eines Referenzpunktes wird die relative Phase φ_{RR} errechnet und am Abtastpunkt A_{PO} im Bereich des Modulationsmaximums des Signals im Bildpunkt eines Objektpunktes die relative Phase φ_{RObj} . Mittels der Gleichung (3) wird die absolute Phasendifferenz $\Delta\varphi_{Gitter}$ errechnet und mit Gleichung (4) die absolute Objektphase φ_{Obj} , aus der mit der Gleichung (5) die Z_{OB} -Koordinate eines jeden Objektpunktes, nämlich Z_{Obj} , bestimmt wird. Der hochstabile Nullpunkt N dient als Startpunkt.

Figur 3 zeigt eine 3D-Aufnahme-Anordnung mit einem Beleuchtungsobjektiv 1 und einem Abbildungsobjektiv 2, wobei beide Objektive im Array-Raum einen beidseitig zentralperspektivischen Strahlengang und so ein kleines Bauvolumen aufweisen.

Die Achsen der beiden Objektive sind zueinander geneigt. Letzteres ermöglicht das Realisieren einer besonders hohen Tiefenempfindlichkeit in einem vergleichsweise kleinen Meßvolumen, beispielsweise für die Aufnahme von Zähnen in der Kieferorthopädie. Dementsprechend ist die gesamte Anordnung miniaturisiert. Das von der Lichtquelle 4 ausgehende Licht beleuchtet ein Liniengitter 3. Dieses wird mittels eines hier nicht dargestellten rechnergesteuerten Schlittens einer Linearführung parallel zur Geraden g_{AP} auf einer Strecke bewegt und wird durch das Beleuchtungsobjektiv 1 mit dem Pupillenzentrum PZ_{OB} auf die Objektoberfläche 5 projiziert. Die Gerade g_{AP} schneidet den Brennpunkt F_{AB} des Beleuchtungsobjektivs 1 im Array-Raum und die Hauptebene H_{AB} des Beleuchtungsobjektivs 1 im Array-Raum im Punkt H_{ABG} . Das Bild der Geraden g_{AP} , die Gerade g_{OP} , liegt parallel zur Achse des Beleuchtungsobjektivs 1 und schneidet in der Verlängerung die Hauptebene im Punkt H_{ABG} . Das Beleuchtungsobjektiv 1 weist die Brennweite f_B auf. Die Objektoberfläche 5 wird mittels eines Abbildungsobjektivs 2 auf eine Empfänger-Matrix 6 abgebildet, die

mit einem Rechner mit Framegrabber verbunden ist, wobei mittels Rechner eine Auswertung der aufgenommenen Bilder vorgenommen wird. Das Abbildungsobjektiv 2 ist so zum Beleuchtungsobjektiv 1 angeordnet, daß das Pupillenzentrum PZ_{0A} sich auf der Geraden g_{OP} befindet. Die Pupillenöffnung des Beleuchtungsobjektivs 1 ist möglichst groß gemacht, beispielsweise beträgt das Öffnungsverhältnis 1 : 2. Damit ist der Schärfentiefebereich im Objektraum sehr begrenzt. Dagegen ist die Pupillenöffnung des Abbildungsobjektivs 2 möglichst klein gemacht, beispielsweise beträgt das Öffnungsverhältnis 1 : 22. Damit ist der Schärfentiefebereich im Objektraum vergleichsweise groß. Dies ist notwendig, da die Empfänger-Matrix 6 fest angeordnet ist. Zum Meßablauf: Das Liniengitter 3 wird bewegt und es werden mit der Empfänger-Matrix 6 Bilder aufgenommen, beispielsweise 32. Die Bewegung des Gitters 3 mit der Gitterkonstante p wird hochgenau auf etwa 1% der Gitterkonstante p gemessen. Es werden Bilder aufgenommen, wobei die Phasenänderung zwischen zwei Bildern in der Regel weniger als 2π beträgt, beispielsweise $3/2\pi$. Die Lage der Empfänger-Matrix 6, wobei eine CMOS-Kamera wegen des großen Dynamikumfangs und der Möglichkeit der Auswertung von einzelnen Pixeln eingesetzt werden kann, ist so gewählt, daß der gesamte interessierende Objektbereich scharf erfaßt werden kann. Dabei kann die Empfänger-Matrix 6 gemäß der Scheimpflugbedingung auch so gedreht sein, daß diese die beiden Punkte A_{A1} und A_{A2} enthält. Unter Berücksichtigung der Geometrie der 3D-Aufnahmeanordnung und der Abbildungsverhältnisse wird aus den aufgenommenen 32 Bildern die 3D-Punktwolke des 3D-Meßobjektes bestimmt. Dazu wird für jeden Objektpunkt die absolute Objektphase φ_{Obj} bestimmt. Aus dieser errechnet sich die z_{Obj} -Koordinate für jeden einzelnen Punkt. Über den Abbildungsmaßstab in Abhängigkeit von der z_{Obj} -Koordinate werden die x_{Obj} -

und die y_{obj} -Koordinaten aus dem bekannten Pixelpitch der Empfänger-Matrix 6 errechnet.

Figur 4 zeigt eine 3D-Aufnahme-Anordnung mit einem Beleuchtungsobjektiv 1 mit einer vergleichsweise großen Pupillenöffnung, beispielsweise mit einem Öffnungsverhältnis von 1:2,8 und einem für die Schrägabbildung optimierten, zentralperspektivischen Strahlengang. Das beleuchtete Feld liegt asymmetrisch zur Achse des Beleuchtungsobjektivs 1. Vorzugsweise werden hier Objektive im mittleren Brennweitenbereich eingesetzt, beispielsweise mit Brennweiten um 25 mm. Das Abbildungsobjektiv 2 mit beispielsweise einem Öffnungsverhältnis von 1:2,8 weist im Array-Raum einen telezentrischen Strahlengang auf. Die Achsen der beiden Objektive sind zueinander parallel angeordnet. Die Hauptebenen des Beleuchtungsobjektivs 1 und des Abbildungsobjektivs 2 fallen im Array-Raum zumindest näherungsweise zusammen. Das von der Lichtquelle 4 ausgehende Licht beleuchtet ein Reflexionsgitter, beispielsweise ein elektronisch steuerbares Digital Micromirror Device 61. Weiterhin sind das elektronisch steuerbare Digital Micromirror Device 61 und die Empfänger-Matrix 6 starr miteinander in der zumindest näherungsweise gleichen Ebene im Array-Raum verbunden. Beide Komponenten befinden sich hier auf einem rechnergesteuerten Schlitten einer Linearführung. Die Verschiebungsrichtung des Schlittens dieser Linearführung ist parallel zu den Achsen der beiden Objektive ausgerichtet, so daß sich beide Komponenten synchron und parallel zur optischen Achse des Beleuchtungsobjektiv 1 bewegen. Durch die elektronische Ansteuerung des Digital Micromirror Device 61 kann nicht nur das laterale Verschieben eines leuchtenden Flächenelementes 3A vorgenommen werden, sondern auch das Verschieben eines Lichtgitters entsprechend einer programmgemäßen Vorgabe realisiert werden. So kann für ein einzelnes

leuchtendes Flächenelement 3A auf dem Direct Mirror Device 61 wie auch für die leuchtenden Elemente in präziser Abstimmung mit der Verschiebung durch den rechnergesteuerten Schlitten eine Bewegung auf einer zur Geraden g_{AP} parallelen Strecke BS_{Aj} realisiert werden. Die Gerade g_{AP} schneidet den Brennpunkt F_{AB} des Beleuchtungsobjektivs 1 im Array-Raum und die Hauptebene des Abbildungsobjektivs 2 im Array-Raum im Hauptpunkt H_{AA} . Das Bild der Geraden g_{AP} im Objektraum, die Gerade g_{OP} , liegt in der Achse des Abbildungsobjektivs 2. Beispielsweise erfolgt so die Verschiebung des leuchtenden Flächenelementes 3A, als ein leuchtendes Flächenelement gleichbleibender relativer Leuchtdichte, vom Punkt B_{A1} zum Punkt B_{A2} . Dabei kann das leuchtende Flächenelement 3A ein Maximum in einer zumindest näherungsweise \cos^2 -Leuchtverteilung darstellen, also bei der Detektion eines Signals den Phasenwert 0 aufweisen. Die Leuchtdichteverteilung auf dem Digital Micromirror Device 61 wird durch das Beleuchtungsobjektiv 1 auf die Objektoberfläche 5 projiziert. Dabei erfolgt die Abbildung dieser zur Geraden g_{AP} parallelen Geraden und Strecken durch das Beleuchtungsobjektiv 1, wobei die Bilder der Verschiebungsstrecken BS_{Aj} der leuchtenden Flächenelemente, also hier der leuchtenden Mikrospiegel des Digital Micromirror Device 61, im Objektraum ein Streckenbündel bilden. Beispielsweise bewegt sich ein leuchtendes Flächenelement 3A auf der Verschiebungsstrecke BS_{Aj} . Das Bild dieser Verschiebungsstrecke BS_{Aj} , die Strecke BS_{Oj} , zielt auf den Konvergenzpunkt K_1 im Objektraum. Die Objektoberfläche 5 wird mittels Abbildungsobjektiv 2 auf eine Empfänger-Matrix 6 abgebildet. Der hier nicht dargestellte rechnergesteuerte Schlitten einer Linearführung trägt auch die Empfänger-Matrix 6 und so erfahren die Pixel der Empfänger-Matrix 6 je eine Verschiebung auf einer Strecke AS_{Aj} parallel zur optischen Achse des Abbildungsobjektivs 2. Die Bilder der Strecken AS_{Aj} , die Strecken

AS_{0j} , bilden im Objektraum ein Streckenbündel mit einem Konvergenzpunkt K_2 im Brennpunkt des Abbildungsobjektiv, so daß bei einem telezentrischen Abbildungsobjektiv die Konvergenzpunkte K_1 und K_2 , der Brennpunkt F_{0A} , und das Pupillenzentrum PZ_{0A} zusammenfallen. So wird ein Objektpunkt O im Objektraum von einem Bild eines leuchtenden Flächenelementes $3A$ in der Tiefe des Objektraumes bei der Verschiebung verfolgt. Figur 4 zeigt im Objektraum den aktuellen Koinzidenzpunkt $K_{0j \ i}$ in der Position $A_{01}B_{01}$ des Bildes des leuchtenden Flächenelementes $3A$ und des Bildes des Elementes des Empfänger-Arrays im Punkt A_{A1} , das Bild A_{01} , zum Zeitpunkt t_i . Dieses Element des Empfänger-Arrays wird auf der Strecke AS_{Aj} verschoben. Eine Ablage eines Elementes O der Objektoberfläche 5 vom aktuellen Koinzidenzpunkt $A_{01}B_{01}$, in Richtung des zum Element des Empfänger-Arrays gehörenden Abbildungsstrahls zum Zeitbereich der Aufnahme Δt_i führt zu einem Signal mit der Phase ϕ_{rs} . Diese ergibt sich beispielsweise zu $\phi_{rs} = 2\pi \times \Delta x_A / p$, wobei p die Periode einer zumindestens näherungsweisen \cos^2 -Verteilung und Δx_A das Bild von Δx_0 gemäß Figur 4 darstellen.

Fällt der Objektpunkt O mit dem aktuellen Koinzidenzpunkt $K_{0j \ i+1}$, beispielsweise in der Position $A_{02}B_{02}$ zum Zeitpunkt t_{i+1} zusammen, wird ein Signal mit der Phase $\phi_{rs} = 0$ registriert. Der aktuelle Koinzidenzpunkt wird weiter durch den Objektraum verschoben. So kann ein periodisches Signal registriert werden, welches durch die zunehmende Unschärfe bei der Abbildung gedämpft wird. Die Breite der Modulationskurve des periodischen Signals ergibt sich aus dem Verhältnis von Abstand d der optischen Achsen zum Durchmesser der Öffnungsblende D_B des Beleuchtungsobjektivs. Um einen Streifen nullter Ordnung eindeutig identifizieren zu können, darf dieses Verhältnis in der Regel den Wert 10 nicht überschreiten, wobei das sinnvolle Verhältnis durch den für den Signalverlauf verwendeten Auswerte-Algorithmus wesentlich mitbestimmt wird.

Die Figur 5 stellt eine 3D-Aufnahme-Anordnung für Objekte dar, die mit strukturiertem Licht beleuchtet werden. Dabei besteht das Ziel, über die Ermittlung der absoluten Phase von Elementen der Objektoberfläche die Punktwolke derselben besonders schnell und genau zu bestimmen. Dazu beleuchtet eine Lichtquelle 4 ein konzentrisch ausgebildetes Gitter 81, wodurch ein strukturiert leuchtendes Array gebildet ist, welches sich in einem Sektor einer Scheibe 83 auf einer planen Oberfläche befindet, die zu einer transparenten Planparallelplatte 84 gehört. Auf der Scheibe 83 gibt es in der gesamten Fläche mehrere transparente Segmente mit transparenten Planparallelplatten 84. Die Abbildung des konzentrisch ausgebildeten, beleuchteten Gitters 81 erfolgt mit dem Beleuchtungsobjektiv 1. Die Scheibe 83 wird mit einem Motor 85 angetrieben. Die Drehzahl beträgt beispielsweise 24 U/min. Weiterhin gibt es Referenzmarken zur Erkennung der Mitte eines Segmentes, die zum Auslesen der Empfänger-Matrix 6 verwendet werden. Weiterhin kann in einem planen Bereich auf der Oberseite der Scheibe 83 in unmittelbarer Nähe des konzentrisch ausgebildeten Gitters 81 die Information über die axiale Lage der Scheibe 83 gewonnen werden. Die aus den im optischen Sensorkopf 87 gewonnenen Informationen über die radiale Lage der Scheibe 83 werden einem Piezosteller 92 in einem hier nicht dargestellten Regelkreis mit einer elektronisch steuerbaren Spannungsquelle für den Piezosteller 92 als Steuerspannung zugeleitet. Dabei ist der Piezosteller 92 mit der Empfänger-Matrix 6 verbunden, so daß hier nicht wirklich die radiale Lage, sondern der Abstand zwischen dem konzentrisch ausgebildeten Gitter 81 und der Empfänger-Matrix 6 konstant gehalten wird. So wird eine definierte Lage zwischen einem leuchtenden Flächenelement und einem Element der Empfänger-Matrix 6 eingehalten. Die axiale Lage des zugehörigen strukturiert leuchtenden Bereiches wird durch einen zweiten Piezosteller 93 in

einem Regelkreis in einer konstanten Position gehalten, indem dieser die Scheibe 83 bei der Rotation derselben in der Sollposition hält. Bei einer Präzisionslagerung kann in der Regel auf die Eliminierung des Axialschlages verzichtet werden.

5 Weiterhin ist im Abbildungsstrahlengang nach dem Abbildungsobjektiv 2 eine planparallele transparente Kompensationsplatte 94 zur axialen Kompensation der Lage der Empfänger-Matrix 6 angeordnet. So wird erreicht, daß bei jeder Winkelstellung der Scheibe 83, also in jedem der Lichtquelle und der Empfänger-Matrix 6 zugeordneten Segment, die optischen Wege gleich
10 sind, d. h. die Gegenstandsweite für das strukturiert leuchtende Array und die Bildweite für die Empfänger-Matrix 6 gleich sind. So kann jeweils in der gleichen Ebene im Objektraum auf der Objektoberfläche ein scharf abgebildetes Streifenmuster beobachtet werden und dieses auch wieder über das
15 Abbildungsobjektiv 1 und eine transparente Planparallelplatte 95 bestimmter optischer Dicke scharf auf die Empfänger-Matrix 6 abgebildet werden, da die Schärfeebene des Abbildungsstrahlenganges durch die Anpassung der transparenten Planparallelplatte 95 in derselben Ebene liegt. Durch die Rotation der
20 Scheibe 83 gelangen transparente Segmente mit unterschiedlicher geometrisch-optischer Dicke sowohl in den Beleuchtungs- wie auch in den Abbildungsstrahlengang. Die geometrisch-optischen Dicken sind stets so abgestimmt, daß die Schärfeebenen der beiden Strahlengänge im Objektraum koinzidieren.
25 Von Segment zu Segment ändert sich die Lage der Schärfeebenen im Objektraum, so daß nach und nach der gesamte Objektraum schrittweise in der Tiefe "durchfokussiert" wird. Von Segment zu Segment ändert sich die Lage des konzentrischen Gitters in
30 radialer Richtung. So wird die Phase bei jedem Wechsel eines Segmentes schrittweise definiert geändert, beispielsweise in Schritten von 90° . Durch die Auswertung eines Synchronisationsimpulses im Randbereich wird gewährleistet, daß nur dann

ein Bild von der Empfänger-Matrix detektiert wird, wenn sich die planparallele Platte definierter Dicke mit dem konzentrisch ausgebildeten Gitter 81 vollflächig vor der Empfängerfläche befindet. So kann in jedem Element der Empfänger-

5 Matrix 6 ein periodischer Signalverlauf gewonnen werden, wobei jeder Signalwert des aufgenommenen Signalverlaufes mittels einer anderen Planparallelplatte in einem anderen Sektor erzeugt wird. Dabei ist die Phasendifferenz von Signalwert zu Signalwert aufgrund des optisch ausgelesenen Referenzgitters

10 hochgenau bekannt.

Figur 6 zeigt eine 3D-Aufnahme-Anordnung, die besonders für den mobilen Einsatz, beispielsweise für die rechnergestützte 3D-Orientierung von Robotern im Nahbereich für Greifaufgaben

15 sehr geeignet ist. Weiterhin können auf dieser Anordnung 3D-hand-held-Geräte zur Erfassung von Objekten im Nahbereich bis zu 1 m basieren. Diese 3D-Aufnahme-Anordnung besteht aus einem Beleuchtungsobjektiv 1 und einem Abbildungsobjektiv 2, wobei beide Objektive im Array-Raum einen zentralperspektivischen Strahlengang aufweisen, und einem transparenten Profilgitter 53, welches als ein strukturiertes 3D-Array angesehen werden kann und von einer Lichtquelle 4 beleuchtet wird. Diese kann eine Blitzlichtquelle mit einer Blitzfrequenz im Videotakt darstellen. Das transparente Profilgitter 53 weist

20 mehrere Rampen 54 und 56 auf. Auf den schrägen Rampenflächen 55 der Rampe 54 befindet sich, wie in Figur 8 dargestellt, ein Binär-Code-Muster, eine Bitmap, wobei die Richtungen der Rampenflächen oder zumindest die zugehörigen Ausgleichsgeraden im Hauptschnitt stets auf das Pupillenzentrum PZ des Abbildungsobjektivs 2 zeigen. Das Binär-Code-Muster wird in den Objektraum in unterschiedliche Tiefen abgebildet. Eine weitere Möglichkeit für die Ausbildung einer Rampenfläche stellt

30 Figur 7 dar. Die Rampenfläche 57 weist mehrere Stufen auf.

Auf jeder Stufe befindet sich jeweils ein anderes Binär-Code-Muster. Den einzelnen Mustern sind die Bezeichnungen A_1 , A_2 , A_3 und A_4 zugeordnet. Die Ausgleichsgerade durch die Rampenfläche, die Gerade AG_{A_j} zeigt auf das Pupillenzentrum PZ des
5 Abbildungsobjektivs 2. Die Rampenfläche 55 auf dem transparenten Profilgitter 53 auf der Rampe 54, wobei erstere im Hauptschnitt durch eine Ausgleichsgerade AG_{A_j} repräsentiert werden kann, wird durch das Beleuchtungsobjektiv 1 in den Objektraum abgebildet. Das Beleuchtungsobjektiv 1 soll eine
10 große relative Öffnung, beispielsweise 1:1,2 besitzen. Weiterhin sind Flächenbereiche der Objektoberfläche in den Bildern A_{10} , A_{20} , A_{30} und A_{40} zur Veranschaulichung in möglichen Lagen gleichzeitig dargestellt. Ein leuchtendes Flächenelement 3A wird ebenfalls abgebildet und stellt das Bild B_{FEL}
15 dar. Das Schärfevolumen SV_{FEL} des Bildes B_{FEL} ist dargestellt. Es weist keine große Tiefe aufgrund des großen relativen Öffnungsverhältnisses auf. Das Abbildungsobjektiv ist dagegen stark abgeblendet. So werden die Elemente des Empfänger-Arrays mit einem wesentlich größeren Tiefenbereich abgebil-
20 det. Das Bild der gesamten Rampenfläche befindet sich so im Schärfevolumen SV_{EE} des zugehörigen Elementes der Empfänger-Matrix 6. Bei einer großen relativen Öffnung des Beleuchtungsobjektivs 1 verschwindet das Bild eines Musters bei einer Bewegung des Objektes in der Tiefe sehr schnell. In mehreren zum Hauptschnitt parallelen Ebenen können Rampenflächen
25 54 auf dem transparenten Profilgitter 53 mit einer jeweils anderen mittleren Gegenstandsweite angeordnet sein, so daß Elemente einer Objektoberfläche 5 in verschiedenen Tiefen des Objektraumes erfaßt werden können und so der Tiefenerfas-
30 sungsbereich besonders groß ist.

Die Figur 9 zeigt eine Applikation für die Gewinnung von digitalen Punktwolken, die für das 3D-Fernsehen eingesetzt wer-

den kann, beispielsweise bei Sportveranstaltungen, wo eine gute Ausleuchtung gegeben ist. Aber auch im Amateur-Videobereich und in der Fotografie ist die Anordnung nach Figur 9 für die 3D-Aufnahme anwendbar. Für die Erzeugung einer einzelnen 3D-Aufnahme wird eine Folge von Bildern mit den beiden Empfänger-Matrizen 6 und 14 aufgenommen. Die Verschiebungen der Empfänger-Matrix 6 und der Empfänger-Matrix 14 werden so durchgeführt, daß sich der Schärfebereich von Bild zu Bild verändert, bis der Objektraum vollständig in der Tiefe erfaßt ist. Die Beleuchtung erfolgt dabei mittels natürlichem Licht oder Kunstlicht, welches in der Regel keine räumliche Strukturierung aufweist. Den beiden Empfänger-Matrizen 6 und 14 ist jeweils ein erstes Abbildungsobjektiv 33 und ein zweites Abbildungsobjektiv 2 zugeordnet. Das erste Abbildungsobjektiv 33 und das zweite Abbildungsobjektiv 2 sind im Array-Raum telezentrisch, wodurch beim Abbildungsobjektiv 33 der Brennpunkt F_{01} und das Pupillenzentrum PZ_{01} zusammenfallen. Beim Abbildungsobjektiv 2 fallen aufgrund der Telezentrie der Brennpunkt F_{02} und das Pupillenzentrum PZ_{02} ebenfalls zusammen. Die Bilder der zur Geraden g_{A1P} parallelen Geraden und damit auch die Verschiebungsstrecken der Elemente der Empfänger-Matrix 6 auf diesen Geraden werden durch das Abbildungsobjektiv 33 in den Objektraum abgebildet und stellen dort ein Streckenbüschel mit dem Konvergenzpunkt K_{21} der Strecken, beziehungsweise ein Geradenbüschel mit dem Schnitt in K_{21} dar, welches auch die Gerade g_{01P} enthält. Außerdem werden die Bilder der zur Geraden g_{A2P} parallelen Geraden und damit auch die Verschiebungsstrecken der Elemente der Empfänger-Matrix 14 auf diesen Geraden durch das Abbildungsobjektiv 2 abgebildet, wodurch im Objektraum ein Streckenbüschel mit dem Konvergenzpunkt K_{22} der Strecken und ein Geradenbüschel mit dem Schnitt in K_{22} entstehen. Dieses Geradenbüschel enthält die Gerade g_{02P} , die mit der Geraden g_{01P} zusammenfällt.

Die Verschiebungen der Empfänger-Matrix 6 und der Empfänger-Matrix 14 werden so durchgeführt, daß die Streckenbüschel mit dem Konvergenzpunkt K_{21} und die Streckenbüschel mit dem Konvergenzpunkt K_{22} gemeinsam im Koinzidenzpunkt K_0 koinzidieren.

5 Dadurch existiert für jedes Element der Empfänger-Matrix 6 genau ein korrespondierendes Element auf der Empfänger-Matrix 14. Die beiden Empfänger-Matrizen 6 und 14 sind mit mindestens einem leistungsfähigen Rechner, der wiederum in ein Hochleistungs-Kommunikationsnetz eingebunden ist, über je ein

10 Interface verbunden. Die Empfänger-Matrizen 6 und 14 sind mit einer präzisen Linearführung 20 verbunden, welche wiederum mit einem rechnergesteuerten, hochdynamischen Linearmotor 21 verbunden ist. Die beiden Empfänger-Matrizen 6 und 14 werden in z_A -Richtung in Richtung der beiden Brennpunkte F_{A1} und F_{A2}

15 bewegt, wodurch sich die Lage der gemeinsamen Schärfeebene SCH_{i-1} im Objektraum ändert. Die Objekte 5, 18 und 19 sind durch eine Lichtquelle 15 ausreichend beleuchtet. Zuerst wird das Objekt 5 im Punkt P_{j1} , welches sich auf der Geraden g_{0j1} befindet, welche den Ort der koinzidierenden Geraden g_{0j1} und g_{0j2pp} darstellt, von der gemeinsamen Schärfeebene

20 SCH_i erfaßt. Anschließend, beispielsweise nur wenige Millisekunden später, erfolgt die Erfassung der Objektoberfläche 18, beispielsweise durch den Punkt P_{ki+1} durch die gemeinsamen Schärfeebene SCH_{i+1} , wobei sich ein Objektpunkt der Objektoberfläche 18 zu diesem Zeitpunkt auf der Geraden g_{0k12p} befindet, welche den Ort der koinzidierenden Geraden g_{0k1p} und g_{0k2p} darstellt, befindet. Noch einige Millisekunden später erfolgt die Erfassung der ersten Punkte der Objektoberfläche

25 19. Die Hubfrequenz der Bewegung der beiden Empfänger-Matrizen 6 und 14 erfolgt mit beispielsweise 24 Hz. Die Auswertung der von den beiden Empfänger-Matrizen 6 und 14 aufgenommenen Bilder erfolgt so, daß Signale aus Elementen gebildet werden, die sich auf jeweils parallel zu der Geraden g_{A1p}

und g_{A2P} befindenden Geraden, beispielsweise auf den Geraden g_{A1P} , g_{Ak1P} , g_{A2P} oder g_{Ak2P} zur gleichen Zeit am zumindest annähernd gleichen Ort befinden, also korrespondierende Elemente darstellen. Aus den detektierten Signalen S_{1j} und S_{2j} je
5 eines Paares korrespondierender Elemente werden, wie bereits beschrieben, mittels Korrelationsverfahren die z_0 -Koordinaten errechnet und aus diesen die gesamte Punktwolke der Objektoberfläche oder der Szene durch die Kenntnis der Geometrie der Anordnung und der Abbildungsmaßstäbe über der z_0 -Koordinate.
10 Bei bewegten Objekten erfolgt eine Bereitstellung von Punktwolken im Videotakt. Die Information über die Farbe des jeweiligen Objektpunktes ergibt sich beispielsweise aus dem Empfängererelement, welches dem Korrelationsmaximum am nächsten liegt. Aus den errechneten Punktwolken erfolgt eine Berech-
15 nung der Flächenmodelle der Objekte und der Szene. Dies erfordert eine sehr hohe Rechengeschwindigkeit, die auf der Basis spezieller Prozessoren jedoch realisierbar ist. Es ist möglich, jedem Element der Empfänger-Matrizen 6 und 14 einen eigenen Prozessor zuzuordnen. Dies ist für die Ausführung der
20 bereits beschriebenen Kreuzkorrelation sehr von Vorteil. Zur Übertragung der errechneten Daten für die 3D-Wiedergabe können Datenreduktionstechniken eingesetzt werden.

Die Figur 10 zeigt eine 3D-Aufnahme-Anordnung, die beispielsweise als Mehrebenen-Hindernis-Sensor bei Tageslicht eingesetzt werden kann. Es sind zwei Abbildungsstrahlengänge mit
25 zwei Abbildungsobjektiven 33 und 2 angeordnet, wobei die Abbildungsobjektive 33 und 2 jeweils im Array-Raum telezentrisch ausgeführt sind. Dies ist nicht zwingend erforderlich, bringt jedoch konstruktive Vorteile. Jedem Abbildungsobjektiv
30 33 und 2 ist je ein räumlich strukturiertes Empfänger-Array 106 und 114 zugeordnet. Diese weisen je zwei Empfängerflächen 107 und 108 sowie 109 und 110 auf und sind senkrecht zum

Hauptschnitt angeordnet. Außerdem befinden sich diese Empfängerflächen 107 und 108 sowie 109 und 110 parallel zu einer Geraden g_{A1P} beziehungsweise parallel zu einer Geraden g_{A2P} . Diese Geraden g_{A1P} und g_{A2P} schneiden jeweils den Brennpunkt F_{AA1} und F_{AA2} des zugehörigen Objektivs und den Punkt P_A in der gemeinsamen Hauptebene der beiden Abbildungsobjektive 33 und 2. Die Bilder der Empfängerflächen 107 und 108 sowie 109 und 110 werden nach der Scheimpflugbedingung in den Objektraum abgebildet, wobei die Koinzidenz der beiden Bilder der Empfängerflächen 107 und 109 sowie 108 und 110 des räumlich strukturierten Empfänger-Arrays 106 und 114 gegeben ist. Von einer beleuchteten Objektoberfläche 5 erfolgt die Abbildung von Elementen auf die vier Empfängerflächen 107 und 109 sowie 108 und 110. Beispielsweise werden auf der Objektoberfläche die Punkte O_1 und O_2 abgebildet. Es kann das bereits im Detail beschriebene Korrelationsverfahren für die Bestimmung der z_0 -Lage der Punkte O_1 und O_2 unter Nutzung der Grauwert- oder Farbverteilungen, bei Einsatz von Farbkameras als Empfänger-Matrizen, aus dem Umfeld verwendet werden. Dabei ergeben sich hier vier Signalverläufe S_1 und S_2 sowie S_3 und S_4 jeweils in der Zeile der zugehörigen Empfänger-Matrix im Hauptschnitt über die jeweils zeilenweise Auslesung, wobei beispielsweise jeweils in der A_A - beziehungsweise B_A -Position begonnen wird. Hier bilden jeweils für einen Punkt im Objektraum auf den beiden im Objektraum zusammenfallenden Bildern der Empfängerflächen 107 und 108 sowie 109 und 110 die zugehörigen, feststehenden Elemente von je zwei Empfängerflächen 107 und 108 oder 108 und 110 je ein korrespondierendes Paar.

Patentansprüche

5

1. Vorrichtung zur dreidimensionalen Objekterfassung mit wenigstens zwei Abbildungssystemen, die dem Objekt zugewandte Abbildungsoptiken aufweisen, wobei wenigstens eines als Beobachtungssystem zur Objektbeobachtung ausgestaltet ist und wenigstens eines ein vor der Abbildungsoptik bewegliches Elementarmittel aufweist, dessen Elementarbild sich auf einer Bildpunktlinie durch den Objektraum bewegt, dadurch gekennzeichnet, daß das Elementarmittel als mit Lateralkomponente zur optischen Achse der Abbildungsoptik bewegliches Elementarmittel ausgebildet ist und das Beobachtungssystem zur Beobachtung längs der Bildpunktlinie angeordnet ist.
2. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß
zwei Abbildungssysteme beide Beobachtungssysteme darstellen.
3. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß
die Beobachtungssysteme Detektions-Arrays, insbesondere CCD-Arrays umfassen.
4. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß
die Detektor-Arrays synchron bewegt werden.

5. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß
die Detektor-Arrays auf Piezostellmitteln, insbesondere zur Synchronbewegung mit Abstandsveränderung, angeordnet
5 sind.
6. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß
eine Auswerteeinheit vorgesehen ist, welche zur Signalauswertung mit den beiden Detektor-Arrays verbunden und zur Auswertung des Signalverhaltens dazu angeordnet ist, eine Objektoberflächenpunkterfassung zu signalisieren, wenn auf einem Arraybereich des ersten Abbildungssystems ein vorbestimmtes Signalverhalten und auf einem zugeordneten Arraybereich des zweiten Abbildungssystems gleichfalls ein vorbestimmtes Signalverhalten erfasst wird.
10
15
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eines der Abbildungssysteme ein Beleuchtungssystem ist.
20
8. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß
das Beleuchtungssystem zur Ausleuchtung des Objektes eine Vielzahl von Leuchtelementen umfasst, welche die beweglichen Elementarmittel realisieren.
25
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Leuchtmittelerregerschaltung vorgesehen ist, um die Elementarmittelbewegung zumindest partiell als virtuelle Bewegung durch sukzessive ein vorgegebenes Erregungsmuster der Leuchtelemente zu simulieren.
30

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Beleuchtungssystem ein verschiebliches Gitter, insbesondere geometrisches Abschattungsgitter umfasst.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Beobachtungssystem eine Vielzahl von Beobachtungselementen umfasst.
12. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Beobachtungselemente durch Bereiche, insbesondere Elemente eines Detektor-Arrays, insbesondere eines CCD-Arrays realisiert sind.
13. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß dem Detektor-Ausgang eine Auswerteeinheit zugeordnet ist, die dazu ausgebildet ist, eine Oberflächenerfassung zu signalisieren, wenn an einem Beobachtungselement des Arrays ein bestimmtes Signalmuster, insbesondere ein Signalmaximum, insbesondere absolutes Signalmaximum erfasst wird.
14. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit dazu ausgebildet ist, die Koordinaten des erfassten Objekt-Oberflächenbereiches in Abhängigkeit von der Position des beweglichen Elementarmittels zu bestimmen.

15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Pupille des Beobachtungssystems zumindest näherungsweise in der Fokalebene der Abbildungsoptik des Beleuchtungssystems angeordnet ist.

5

16. Verfahren zur 3D-Aufnahme von einer Objektoberfläche in einer Szene mit einer elektromagnetischen Strahlungsquelle, wobei diese mittels mindestens eines strukturierten Arrays als ein strukturiert leuchtendes Array ausgebildet ist und ein Flächenelement leuchtet und einem Beleuchtungsstrahlengang mit einem dem strukturiert leuchtenden Array zugeordneten Beleuchtungsobjektiv, welches eine Abbildung des leuchtenden Flächenelementes realisiert, und einem Abbildungsstrahlengang für die Abbildung von Elementen der Objektoberfläche und Empfänger-Array mit mindestens zwei Elementen und mit einem dem Empfänger-Array zugeordneten Abbildungsobjektiv und Elemente des Empfänger-Arrays im Aufnahmevorgang Strahlung von Elementen der beleuchteten Objektoberfläche im Objektraum detektieren und von Elementen des Empfänger-Arrays durch das Abbildungsobjektiv stets auch Bilder im Objektraum mit einem geometrisch-optischen Schärfevolumen gebildet werden und durch die Abbildung des leuchtenden Flächenelementes mit dem Beleuchtungsobjektiv ein Bild desselben im Objektraum mit einem geometrisch-optischen Schärfevolumen gebildet wird und die Detektion von Strahlung von den Elementen der Objektoberfläche durch Elemente des Empfänger-Arrays in einem Zeitbereich (Δt_B) erfolgt, in welchem mit mindestens einem leuchtenden Flächenelement des strukturiert leuchtenden Arrays eine vorbestimmte Verschiebung durchgeführt wird, einschließlich einer vorbestimmten optischen Verschiebung als Ergebnis einer geometrisch-optischen Weglängenände-

30

5 rung, um so ein leuchtendes Flächenelement zu unterschiedlichen Zeitpunkten an unterschiedlichen Orten Strahlung aussendet, gekennzeichnet dadurch, daß das Schärfevolumen eines Bildes des leuchtenden Flächenelementes im Objektraum gebildet ist, und das Schärfevolumen eines Bildes des Empfänger-Arrays im Objektraum und ein Element der Objektoberfläche zumindest näherungsweise durch eine vorbestimmte Verschiebung des leuchtenden Flächenelementes mit einer Verschiebungskomponente parallel zur optischen Achse des Beleuchtungsobjektivs zur Koinzidenz gebracht werden, wobei beim Auftreten der Koinzidenz das an dieser Koinzidenz beteiligte Element des Empfänger-Arrays eine zeitlich veränderte Bestrahlung erfährt.

15

17. Verfahren zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche in mindestens einer Szene nach Anspruch 16, gekennzeichnet dadurch, daß in den Zeitintervallen (Δt_i) der Detektion von Strahlung die leuchtenden Flächenelemente auf je einer eigenen Verschiebungsstrecke relativ zum Beleuchtungsobjektiv verschoben werden und die leuchtenden Flächenelemente zumindest zu einem Zeitpunkt (t_i) innerhalb eines Zeitintervalls (Δt_i) in einer Leuchtdichtevertelung jeweils eine zumindest näherungsweise vorherbestimmt gleichbleibende, relative Leuchtdichte aufweisen und die leuchtenden Flächenelemente dabei stets auf je einer B-Strecke (BS_{A_j}) positioniert werden, wobei die B-Strecken (BS_{A_j}) die Sollorte für die leuchtenden Flächenelemente zumindest zu einem Zeitpunkt (t_i) innerhalb des Zeitintervalls (Δt_i) darstellen, und die Bilder dieser B-Strecken (BS_{A_j}) im Objektraum durch Abbildung mit einem Beleuchtungsobjektiv (1) stets zu

30

einem Streckenbüschel (SB_1) mit einem Konvergenzpunkt (K_1) geformt sind, wobei der Konvergenzpunkt (K_1), mindestens in einem Abstand von der optischen Achse des Beleuchtungsobjektivs (1) vom 16ten Teil und maximal in einem Abstand vom 16fachen des Abstandes des Pupillenzentrums (PZ_{OB}) des Beleuchtungsobjektivs (1) vom Pupillenzentrum (PZ_{OA}) des Abbildungsobjektivs (2) im Objektraum positioniert ist und zumindest in einem Zeitbereich (Δt_B) während des Verschiebungsvorganges der leuchtenden Flächenelemente jeweils genau ein Bild von einem Empfängerelement und jeweils genau ein Bild von einem leuchtenden Flächenelement im Objektraum zumindest zu einem einzigen Zeitpunkt (t_i) innerhalb eines jeden Zeitintervalls (Δt_i) der Detektion zumindest näherungsweise gemeinsam auf dem Bild einer B-Strecke (BS_{Aj}) positioniert werden und so zumindest zu diesem Zeitpunkt (t_i) aus dem Bild von einem Empfängerelement und dem Bild eines leuchtenden Flächenelementes jeweils im Objektraum ein Paar mit fester Zuordnung gebildet wird und so im Objektraum derartige Paare erzeugt werden und diese Paare durch den Objektraum geschoben werden, wobei Schärfevolumina von Bildern der leuchtenden Flächenelemente mit Flächenelementen der Objektoberfläche (5) mindestens einmal im Verschiebungsvorgang innerhalb eines Zeitintervalls (Δt_i) zusammenfallen und die Elemente des Empfänger-Arrays im Zeitintervall (Δt_i) der Koinzidenz einen Signalverlauf mit mindestens einem relativen Extremum der Signalgröße detektieren, wobei der Zeitbereich (Δt_B) größer als das Zeitintervall (Δt_i) gemacht wird und so mindestens ein Zeitintervall (Δt_i) im Zeitbereich (Δt_B) zeitlich eingepaßt wird und bei der Verschiebung die Positionen der leuchtenden Flächenelemente

des strukturiert leuchtenden Arrays und die Positionen der Elemente des Empfänger-Arrays stets aus der Lage des Beleuchtungsobjektivs (1) und der Lage des Abbildungsobjektivs (2) in der 3D-Aufnahme-Anordnung und der Brennweite (f_B) des Beleuchtungsobjektivs (1) und der Brennweite (f_A) des Abbildungsobjektivs (2) so bestimmt und realisiert werden, daß im Objektraum sowohl die leuchtenden Flächenelemente des strukturiert leuchtenden Arrays als auch die Elemente des Empfänger-Arrays zumindest näherungsweise in einem Teil des Objektraumes in die gleiche Ebene abgebildet werden.

18. Verfahren zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene nach mindestens einem der Ansprüche 16 und 17, gekennzeichnet dadurch, daß in den Zeitintervallen (Δt_i) der Detektion von Strahlung jeweils ein leuchtendes Flächenelement auf je einer B-Strecke positioniert wird und die B-Strecken auf das Pupillenzentrum des Abbildungsobjektivs im Array-Raum gerichtet werden, so daß der Konvergenzpunkt dabei zumindest annähernd im Pupillenzentrum des Abbildungsobjektivs positioniert wird, und während des Verschiebungsvorganges jeweils ein Bild von einem Empfängererelement und jeweils ein Bild von einem leuchtenden Flächenelement im Objektraum zumindest näherungsweise gemeinsam auf dem Bild einer B-Strecke positioniert werden und aus dem Bild von einem Empfängererelement und dem Bild eines leuchtenden Flächenelementes jeweils im Objektraum ein Paar mit fester Zuordnung gebildet wird und so im Objektraum Paare von Bildern erzeugt werden und während des Verschiebungsvorganges der leuchtenden Flächenelemente jeweils ein Bild von einem Empfängererelement und

jeweils ein Bild von einem leuchtenden Flächenelement im Objektraum einmal zumindest näherungsweise zur Koinzidenz gebracht werden.

- 5 19. Verfahren zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene nach mindestens einem der Ansprüche 16 und 17, gekennzeichnet dadurch, daß der Konvergenzpunkt (K_1) zumindest annähernd in der Brennebene des Beleuchtungsobjektivs (1) im Objektraum
10 und zusätzlich im Pupillenzentrum (PZ_{OA}) der Pupille eines Abbildungsobjektivs (2) im Objektraum positioniert wird und während des Verschiebungsvorganges jeweils ein Bild von einem Empfängererelement und jeweils ein Bild von einem leuchtenden Flächenelement (3A) im Objektraum zu-
15 mindest zu einem Zeitpunkt (t_i) innerhalb eines jeden Zeitintervalls (Δt_i) der Detektion zumindest näherungsweise gemeinsam auf dem Bild einer B-Strecke (BS_{Aj}) positioniert werden und so zumindest zu diesem Zeitpunkt (t_i) aus dem Bild von einem Empfängererelement und dem
20 Bild eines leuchtenden Flächenelementes (3A) jeweils im Objektraum ein Paar mit fester Zuordnung gebildet wird und so im Objektraum derartige Paare mit fester Zuordnung erzeugt werden und die B-Strecken (BS_{Aj}) parallel zu einer Geraden (g_{AP}) positioniert werden, wobei die
25 Gerade (g_{AP}) den Brennpunkt F_{AB} des Beleuchtungsobjektivs (1) im Array-Raum schneidet und den Anstieg mit dem Betrag aus dem Quotienten „Abstand des Pupillenzentrums (PZ_{OA}) der Pupille des Abbildungsobjektivs (2) im Objektraum von der Achse des Beleuchtungsobjektivs (1) und der Brennweite (f_B) des Beleuchtungsobjektivs (1)“ auf-
30 weist, wobei dieser Anstieg der Geraden (g_{AP}) auf die Achse des Beleuchtungsobjektivs (1) bezogen ist.

20. Verfahren zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene nach einem der Ansprüche 16, 17 und 19, gekennzeichnet dadurch, daß zu-
5 mindest annähernd eine geradlinige relative Verschiebung des Empfänger-Arrays zum Abbildungsobjektiv (2) parallel zur optischen Achse des Abbildungsobjektivs (2) durchgeführt wird und bei der Verschiebung mehrfach nacheinander Signalwerte aus je einem Empfängerelement ausgelesen
10 werden und so je ein Signalverlauf mittels eines Empfängerelementes gebildet wird und bei Abbildung von mehrfach so erzeugten Verschiebungsstrecken von Elementen des Empfänger-Arrays mit dem Abbildungsobjektiv (2) aus deren Bildern im Objektraum zumindest annähernd mindestens ein Streckenbüschel (SB_2) mit einem Konvergenzpunkt (K_2) im Brennpunkt (F_{0A}) des Abbildungsobjektivs
15 (2) gebildet wird.
21. Verfahren zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene nach mindestens
20 einem der Ansprüche 16, 17, 19 und 20, gekennzeichnet dadurch, daß der Konvergenzpunkt (K_1) des Streckenbüschels (SB_1) gemeinsam mit dem Konvergenzpunkt (K_2) des Streckenbüschels (SB_2) im Objektraum sowohl mit dem
25 Brennpunkt (F_{0A}) als auch mit dem Pupillenzentrum (PZ_{0A}) der Pupille des Abbildungsobjektivs (2) zumindest annähernd zur Koinzidenz gebracht werden, wobei das Beleuchtungsobjektiv (1) und das Abbildungsobjektiv (2) jeweils arrayseitig zumindest näherungsweise telezentrisch ausgeführt sind, und leuchtende Flächenelemente (3A) zumindest
30 annähernd parallel zu einer Geraden (g_A) auf Strecken verschoben werden und die Gerade (g_A) den Brennpunkt

(F_{AB}) des Beleuchtungsobjektivs (1) im Array-Raum durchstößt und für die Gerade (g_A) der Anstieg mit dem Betrag aus dem Quotienten „Brennweite des Beleuchtungsobjektivs (1) und Abstand (d) des Brennpunktes (F_{AA}) des Abbildungsobjektivs (2) von der Achse des Beleuchtungsobjektivs (1) im Objektraum“ realisiert wird, wobei dieser Anstieg der Geraden (g_A) auf eine achssenkrechte Gerade zur Achse des Beleuchtungsobjektivs (1) bezogen ist.

22. Verfahren zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene nach mindestens einem der Ansprüche 16 bis 21, gekennzeichnet dadurch, daß die Position mindestens eines leuchtenden Flächenelementes ortsfest gemacht ist und zumindest Komponenten des Beleuchtungsobjektivs bewegt werden.
23. Verfahren zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche in mindestens einer Szene mit mindestens einer elektromagnetischen Strahlungsquelle, wobei diese mittels mindestens eines strukturierten Arrays als mindestens ein strukturiert leuchtendes Array mit mindestens zwei Flächenelementen ausgebildet ist und mindestens ein Flächenelement leuchtet, wobei jedes leuchtende Flächenelement durch eine zumindest näherungsweise vorbestimmte Leuchtdichte und durch einen vorbestimmten Ort definiert ist, und mit mindestens einem Beleuchtungsstrahlengang mit mindestens einem dem strukturiert leuchtenden Array zugeordneten Beleuchtungsobjektiv, welches eine Abbildung der leuchtenden Flächenelemente realisiert und mit mindestens einem Abbildungsstrahlengang für die Abbildung von Elementen der mindestens einen Objektoberfläche und mindestens einem Empfänger-

Array mit mindestens zwei Elementen und einem dem Empfänger-Array zugeordneten Abbildungsobjektiv und Elemente des Empfänger-Arrays im Aufnahmevergange Strahlung von Elementen der mindestens einen beleuchteten Objektoberfläche im Objektraum detektieren und von Elementen des Empfänger-Arrays durch das Abbildungsobjektiv stets auch Bilder im Objektraum, der dem Szenenraum entspricht, mit einem geometrisch-optischen Schärfevolumen gebildet werden und Elemente der mindestens einen Objektoberfläche mit mindestens einem Abbildungsobjektiv abgebildet werden und durch die Abbildung des mindestens einen leuchtenden Flächenelementes mit dem Beleuchtungsobjektiv ein Bild eines leuchtenden Flächenelementes im Objektraum mit einem geometrisch-optischen Schärfevolumen gebildet wird, gekennzeichnet dadurch, daß leuchtende Flächenelemente in den Zeitintervallen (Δt_i) der Detektion von Strahlung in einem Zeitbereich (Δt_B) zumindest näherungsweise an je einem eigenen Ort im strukturiert leuchtenden Array relativ zum Beleuchtungsobjektiv angeordnet und durch Ansteuerung zum Leuchten gebracht werden und durch das Beleuchtungsobjektiv abgebildet werden und das mindestens eine leuchtende Flächenelement zumindest zu einem Zeitpunkt (t_i) innerhalb des Zeitintervalls (Δt_i) stets auf einen vorherbestimmten Ort im Objektraum abgebildet wird und dieser Bildort des mindestens einen leuchtenden Flächenelementes im Objektraum durch eine Ansteuerung verändert wird, indem ein jeweils anderes, vorbestimmtes Flächenelement angesteuert und zum Leuchten gebracht wird, so daß das Bild je eines leuchtenden Flächenelementes auf einer steuerbaren Bahnkurve, strukturiert aus Abstandsinkrementen der Bilder der Abstände der leuchtenden Flächenelemente im Array-

Raum, durch den Objektraum geschoben wird - im Sinne des gesteuerten Einnehmens vorherbestimmter, unterschiedlicher Positionen - und in jeder Position nach der Verschiebung um ein ganzzahliges Vielfaches des Abstandsincrementes mindestens ein Signalwert mit einem Empfänger-
element detektiert wird und so aus mehreren Vorgängen des Detektierens und Auslesens von Elementen des Empfänger-Arrays ein Signalverlauf gebildet wird und der Ort des detektierten und ausgelesenen Elementes des Empfänger-Arrays kontinuierlich verändert wird und die Orte der detektierten und ausgelesenen Elemente des Empfänger-Arrays an Orten im Empfänger-Array liegen und das Bild dieses Ortes, mit dem vorherbestimmten Bildort des leuchtenden Flächenelementes im Objektraum zumindest näherungsweise optisch konjugiert ist und so je ein Bild eines detektierten und ausgelesenen Elementes des Empfänger-Arrays mit dem Bild jeweils eines leuchtenden Flächenelementes zumindest zu einem Zeitpunkt (t_i) innerhalb des Zeitintervalls (Δt_i) im Objektraum zur Koinzidenz gebracht ist und so je ein Paar von Bildern mit wechselnden Bildern erzeugt werden, und diese Paare nach und nach verschiedene Positionen im Objektraum einnehmen und so durch derartige Paare nach und nach der Objektraum in der Tiefe durchsetzt wird, wobei Schärfevolumina des Bildes je eines leuchtenden Flächenelementes mit je einem Flächenelement der Objektoberfläche mindestens einmal im Zeitbereich (Δt_B) in einem Zeitintervall (Δt_i) zusammenfallen und die detektierten und ausgelesenen Elemente des Empfänger-Arrays im Zeitintervall (Δt_i) der Koinzidenz einen Signalverlauf mit mindestens einem relativen Extremum der Signalgröße aufweisen, wobei der Zeitbereich (Δt_B) größer als das Zeitintervall (Δt_i) ge-

macht wird und so mindestens ein Zeitintervall (Δt_i) in den Zeitbereich (Δt_B) zeitlich eingepaßt wird.

24. Verfahren zur 3D-Aufnahme mit mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene mit einem ersten und mindestens einem zweiten Abbildungsstrahlengang, wobei zwischen den beiden Achsen von zwei Abbildungsobjektiven (2, 33) für die Abbildung der Objektoberflächen (5, 18, 19) eine Symmetrielinie gebildet ist, und mit mindestens je einem in jedem Abbildungsstrahlengang dem Abbildungsobjektiv zugeordneten Empfänger-Array, wobei die beiden Empfänger-Arrays jeweils Elemente aufweisen, die im Aufnahmevorgang im Zeitbereich (Δt_B) Strahlung von den Elementen der beleuchteten Objektoberflächen im Objektraum detektieren, gekennzeichnet dadurch, daß die beiden Empfänger-Arrays im Aufnahmevorgang im Zeitbereich (Δt_B) je eine Verschiebung an einen anderen Ort erfahren und zumindest näherungsweise die Detektion von Strahlung von den Elementen der Objektoberflächen durch die Elemente des Empfänger-Arrays gleichzeitig erfolgt und die Elemente des Empfänger-Arrays anschließend ausgelesen werden und jeweils Signalwerte gewonnen werden und beim Aufnahmevorgang die zwei Empfänger-Arrays gleichzeitig auf Verschiebungsstrecken verschoben werden und die Bilder der Verschiebungsstrecken im Objektraum zumindest annähernd auf der Symmetrielinie zwischen den beiden Achsen der Objektive (2, 33) positioniert werden und aus dem Streckenbüschel der Bilder der Verschiebungsstrecken der einzelnen Elemente des ersten Empfänger-Arrays ein Konvergenzpunkt (K_{21}) gebildet wird und aus dem Streckenbüschel der Bilder der Verschiebungsstrecken der einzelnen Elemente des zweiten Empfänger-

Arrays ein Konvergenzpunkt (K_{22}) gebildet wird und der Konvergenzpunkt (K_{21}) und der Konvergenzpunkt (K_{22}) auf der Symmetrielinie zumindest näherungsweise zur Koinzidenz gebracht werden und einen Konvergenzpunkt (K_0) bilden und die beiden Empfänger-Arrays so verschoben werden, daß deren Bilder zumindest teilweise im Objektraum zusammenfallen, so daß die Bilder der Elemente des ersten Empfänger-Arrays und die Bilder der Elemente des zweiten Empfänger-Arrays im Objektraum paarweise zumindest näherungsweise zur Koinzidenz gebracht werden, wobei die paarbildenden Elemente der beiden Empfänger-Arrays jeweils korrespondierende Elemente darstellen und Signalverläufe (S_1) des ersten Empfänger-Arrays durch Auslesen der Elemente während der Verschiebung des ersten Empfänger-Arrays gebildet werden und die Verschiebung des ersten Empfänger-Arrays parallel zu einer Geraden (g_{A1P}) durchgeführt wird und so die Elemente des ersten Empfänger-Arrays zumindest annähernd parallel zu einer Geraden (g_{A1P}) verschoben werden und Signalverläufe (S_2) des zweiten Empfänger-Arrays durch Auslesen der Elemente während der Verschiebung des zweiten Empfänger-Arrays gebildet werden und die Verschiebung des zweiten Empfänger-Arrays parallel zu einer Geraden (g_{A2P}) durchgeführt wird und so die Elemente des zweiten Empfänger-Arrays zumindest annähernd parallel zu einer Geraden (g_{A2P}) verschoben werden und die Gerade (g_{A1P}) zumindest näherungsweise in einem Punkt (P_{A1}) auf der Symmetrielinie in der Hauptebene des ersten Abbildungsobjektivs (2) im Array-Raum und die Gerade (g_{A2P}) zumindest näherungsweise in einem Punkt (P_{A2}) auf der Symmetrielinie in der Hauptebene des zweiten Abbildungsobjektivs (33) zum Schnitt gebracht werden, wobei die Gerade (g_{A1P}) zusätzlich den Brennpunkt (F_{A1}) des ersten Abbildungsobjektivs

(33) und die Gerade (g_{A2P}) den Brennpunkt (F_{A2}) des Abbildungsobjektivs (2) im Array-Raum enthalten, und aus den beiden Signalverläufen (S_{1j}) und (S_{2j}) von zwei korrespondierenden Elementen und der Empfänger-Arrays, die über dem Weg der Verschiebung der beiden Empfänger-Arrays im Speicher eines Rechners abgelegt sind, durch das synchrone Verschieben einer Fensterfunktion, wobei diese Fensterfunktion mindestens ein einziges Fenster mit einer minimalen Fensterlänge entsprechend zwei Signalwerten und eine maximale Fensterlänge aufweist, die zumindest näherungsweise der Länge der Signalverläufe (S_{1j}) und (S_{2j}) entspricht, um mindestens einen Signalwert, der einem Inkrement der Verschiebung der Empfänger-Arrays entspricht, über jeden dieser beiden Signalverläufe (S_{1j}) und (S_{2j}) und aus jedem aktuellen Fenster in der Position k , mit $1 \leq k \leq m$, je ein Signalstück ($S_{1 \text{ teil Position } k j}$) und ($S_{2 \text{ teil Position } k j}$) gebildet wird, wobei diese nacheinander gebildeten Signaltücke ($S_{1 \text{ teil } j \text{ Position } k j}$) und ($S_{2 \text{ teil } j \text{ Position } k j}$) sich in jedem der beiden Signalverläufe (S_{1j}) und (S_{2j}) in einem Teilbereich überdecken und wobei jeweils am gleichen Ende der beiden Signalverläufe (S_{1j}) und (S_{2j}) mit dem Verschieben der Fensterfunktion in beiden Signalstücken begonnen wird, und jeweils ausgehend von zwei Signaltücken in der Position 1 ($S_{1 \text{ teil Position } 1 j}$) und ($S_{2 \text{ teil Position } 1 j}$) die Kreuzkorrelationsfunktion berechnet wird, wobei jedoch vorher eines der beiden Signaltücke invertiert wird, das heißt alle Werte desselben gespiegelt werden, und so aus einem originalen Signaltück ($S_{1 \text{ teil Position } 1 j}$) und aus einem invertierten Signaltück ($S_{2 \text{ teil Position } 1 \text{ INV } j}$) das Maximum der Kreuzkorrelationsfunktion ($MCC_{1 \text{ } 2 j \text{ Position } 1}$) zwischen 0 und 1 berechnet und gespeichert wird und anschließend nach dem

Verschieben der Fensterfunktion in die Position 2 für die beiden nächsten Signalstücke das Maximum der Kreuzkorrelationsfunktion ($MCC_{1\ 2\ j\ \text{Position } 2}$) in der beschriebenen Art berechnet wird bis die Fensterfunktion am anderen Ende der beiden Signalverläufe (S_{1j} , S_{2j}) in der Position m angekommen ist und wiederum das Maximum ($MCC_{1\ 2\ j\ \text{Position } m}$) der Kreuzkorrelationsfunktion ($MCC_{1\ 2\ j\ \text{Position } m}$) bestimmt wird und von m berechneten Maxima (MCC_m) eine Maximalwert-Kurve gebildet wird, wobei in dieser Maximalwert-Kurve wiederum das Maximum (M_{mj}) bestimmt wird und der Ort des Maximums (M_{mj}) der Maximalwert-Kurve den beiden originalen Signalverläufen und damit dem Weg der Verschiebung der beiden Empfänger-Arrays zugeordnet wird und im Falle der Anwendung einer Fensterfunktion mit nur einem Fenster in nur einer Position der Ort des Maximums (M_{1j}) der berechneten Kreuzkorrelationsfunktion ($MCC_{1\ 2\ j\ \text{Position } 1}$) den beiden originalen Signalverläufen und damit dem Weg der Verschiebung der beiden Empfänger-Arrays zugeordnet wird und der Ort des jeweils so bestimmten Maximums (M_j) als Ort des zu den beiden korrespondierenden Elementen und zugehörigen Bildes des jeweiligen Elementes der Objektoberfläche (5, 18, 5) im Array-Raum definiert wird und aus dem Ort dieses Maximums (M_j) im Array-Raum die z_0 -Koordinate des jeweiligen Elementes der Objektoberfläche berechnet wird und auch die x_0 - und y_0 -Position des jeweiligen Elementes einer Objektoberfläche (5, 18, 5) aus der bekannten Geometrie der 3D-Aufnahmeanordnung berechnet wird, und so die Positionen von den Elementen einer Objektoberfläche (5, 18, 19), denen Signalverläufe zugeordnet werden können, berechnet werden, wobei die Geometrie der 3D-Aufnahmeanordnung bekannt und die Verschiebungen der Empfänger-Arrays vorbestimmt sind.

25. Verfahren zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene nach Anspruch 24, gekennzeichnet dadurch, daß die Achse eines ersten
5 Abbildungsobjektivs (2) für die Abbildung der Objektoberflächen (5, 18, 19) parallel zur Achse eines zweiten Abbildungsobjektivs (33) für die Abbildung der Objektoberflächen (5, 18, 19) ausgerichtet ist und die Abbildungsobjektive (2, 33) zumindest näherungsweise baugleich gemacht sind und die Hauptebene des ersten Abbil-
10 dungsobjektivs (33) im Array-Raum und die Hauptebene des zweiten Abbildungsobjektivs (2) zumindest näherungsweise in einer gemeinsamen Ebene zusammenfallen und die Empfänger-Arrays sich zumindest näherungsweise gemeinsam in
15 einer Ebene befinden und beiden Punkte P_{A1} und P_{A2} zumindest näherungsweise in einem Punkt P_A zur Koinzidenz gebracht werden.
26. Verfahren zur 3D-Aufnahme von mindestens einer mit einer
20 Strahlungsquelle (15) beleuchteten Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene mit einem ersten und mindestens einem zweiten Abbildungsstrahlengang, wobei die Achse eines ersten Abbildungsobjektivs (2) im Abbildungsstrahlengang für die Abbildung der Objektoberflächen (5, 18, 19) parallel zur Achse eines zweiten Abbil-
25 dungsobjektivs (33) im Abbildungsstrahlengang für die Abbildung der Objektoberflächen (5, 18, 19) ausgerichtet ist, und so zwischen den beiden Achsen der beiden Abbildungsobjektive (2, 33) eine Symmetrielinie gebildet ist,
30 und mit mindestens je einem in jedem Abbildungsstrahlengang dem Abbildungsobjektiv zugeordneten Empfänger-Array und die beiden Empfänger-Arrays jeweils Elemente aufwei-

sen, die im Aufnahmevorgang im Zeitbereich (Δt_B) elektromagnetische Strahlung von den Elementen der beleuchteten Objektoberflächen im Objektraum detektieren, gekennzeichnet dadurch, daß die beiden Empfänger-Arrays im

5 Aufnahmevorgang im Zeitbereich (Δt_B) je eine elektronisch gesteuerte, mechanische Verschiebung an einen anderen Ort erfahren und zumindest näherungsweise die Detektion von elektromagnetischer Strahlung von den Elementen der Objektoberflächen für die Dauer eines Zeitintervalls (Δt_i) durch die Elemente des Empfänger-Arrays

10 gleichzeitig erfolgt und die Elemente des Empfänger-Arrays anschließend ausgelesen werden und jeweils Signalwerte gewonnen werden und beim Aufnahmevorgang die zwei Empfänger-Arrays gleichzeitig und parallel zu den

15 jeweiligen optischen Achsen der parallelen, zumindest näherungsweise baugleichen Abbildungsstrahlengänge, deren Hauptebenen zusammenfallen, verschoben werden, wobei die Objektoberflächen in der Szene beleuchtet sind, und der Signalverlauf (S_{1z}) durch Auslesen von lateral nebeneinander liegenden Elementen des ersten Empfänger-

20 Arrays während der Verschiebung des ersten Empfänger-Arrays in Richtung der optischen Achsen so gebildet wird, daß jeweils genau die Elemente des Empfänger-Arrays zur Signalbildung benutzt werden, die auf Strecken liegen, die parallel zu einer Geraden (g_{A1P}) ausgerichtet sind und die den Punkt (P_A) in der gemeinsamen

25 Hauptebene der Abbildungsobjektive (2, 33) zumindest näherungsweise schneidet, und so der gebildete Signalverlauf dem bei einer realen Verschiebung parallel zu einer Geraden (g_{A1P}) entstehenden Signalverlauf (S_1) zumindest

30 annähernd entspricht, und so zumindest jeweils zu einem Zeitpunkt t_i in einem Zeitintervall Δt_i ein aktueller

Koinzidenzpunkt gebildet wird, der im Zeitbereich Δt_B nacheinander jeweils an verschiedenen vorbestimmten Orten des Objektraumes gebildet wird, und der Signalverlauf (S_{2z}) durch Auslesen von lateral nebeneinander liegenden Elementen des zweiten Empfänger-Arrays während der Verschiebung des zweiten Empfänger-Arrays in Richtung der optischen Achsen so gebildet wird, daß jeweils genau die Elemente des Empfänger-Arrays zur Signalbildung benutzt werden, die auf Strecken, liegen, die parallel zu einer Geraden (g_{A2P}) ausgerichtet sind und die den Punkt (P_A) in der gemeinsamen Hauptebene der Abbildungsobjektive (2, 33) zumindest näherungsweise schneidet, und so der gebildete Signalverlauf dem bei einer realen Verschiebung parallel zu einer Geraden (g_{A2P}) entstehenden Signalverlauf (S_2) zumindest annähernd entspricht und die Gerade (g_{A1P}) und die Gerade (g_{A2P}) in einem Punkt (P_A) zum Schnitt gebracht werden und zusätzlich die Gerade (g_{A1P}) den Brennpunkt (F_{A1}) des ersten Abbildungsobjektivs (33) und die Gerade (g_{A2P}) den Brennpunkt (F_{A2}) des Abbildungsobjektivs (2) im Array-Raum enthalten und aus den beiden Signalverläufen (S_{z1j}) und (S_{z2j}) von zwei wechselnden korrespondierenden Elementen und der Empfänger-Arrays, die nur zu einem Zeitpunkt t_i korrespondieren, wobei die Signalverläufe (S_{z1j}) und (S_{z2j}) über dem Weg der Verschiebung der beiden Empfänger-Arrays im Speicher eines Rechners abgelegt sind, und hierbei die Auswertung mit dem Korrelationsverfahren mit zwei gefensterten Signalverläufen mit der jeweils stückweisen Inversion von Signalstücken erfolgt.

30

27. Verfahren zur 3D-Aufnahme von mindestens einer mit einer Strahlungsquelle (4) beleuchteten Objektoberfläche (5)

in mindestens einer Szene nach mindestens einem der Ansprüche 25 und 26, gekennzeichnet dadurch, daß mindestens ein Abbildungsobjektiv zum Empfänger-Array verschoben wird.

5

28. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene mit mindestens einer Strahlungsquelle (4), wobei diese mittels mindestens eines strukturierten Arrays als mindestens ein
- 10 strukturiert leuchtendes Array ausgebildet ist und mindestens ein leuchtendes Flächenelement gebildet ist mit mindestens einem Beleuchtungsstrahlengang mit mindestens einem dem strukturiert leuchtenden Array, einschließlich
- 15 einem Bild desselben, zugeordneten Beleuchtungsobjektiv (1), welches eine effektive Öffnungsblende mit einem Blendenzentrum aufweist, zur strukturierten Beleuchtung der Objektoberflächen (5) im Objektraum und mit mindestens einem dem Beleuchtungsstrahlengang zugeordneten Abbildungsstrahlengang mit mindestens einer Abbildungs-
- 20 stufe für die mindestens eine Objektoberfläche (5) mit mindestens einem dem Empfänger-Array oder einem Bild desselben zugeordneten Abbildungsobjektiv (2, 33) zur Abbildung der Elemente der Objektoberflächen, welches eine effektive Öffnungsblende mit einem Blendenzentrum
- 25 aufweist, wobei Elemente des mindestens einen Empfänger-Arrays im Aufnahmevorgang Strahlung von den Elementen der beleuchteten Objektoberflächen im Objektraum detektieren, und mit einem Abstand (d) des Pupillenzentrums (PZ_{OB}) des Beleuchtungsobjektivs (1) im Objektraum vom
- 30 Pupillenzentrum (PZ_{OA}) des Abbildungsobjektivs (2) im Objektraum, gekennzeichnet dadurch, daß dem strukturiert leuchtenden Array ein Bewegungssystem mit mindestens ei-

ner beweglichen Komponente zugeordnet ist und zumindest aus der mechanischen Bewegung des strukturiert leuchtenden Arrays die Verschiebungsstrecken der leuchtenden Flächenelemente im Array-Raum gebildet sind und nach Ab-
5 bildung dieser Verschiebungsstrecken durch das Beleuchtungsobjektiv (1) in den Objektraum, deren Bild zumindest näherungsweise als mindestens ein Streckenbündel (SB_1) mit einem Konvergenzpunkt (K_1) gebildet ist und der Konvergenzpunkt (K_1) einen minimalen Abstand von der
10 Achse des Beleuchtungsobjektivs (1) vom 16ten Teil des Abstandes (d) aufweist und einen maximalen Abstand von der Achse des Beleuchtungsobjektivs (1) vom 16fachen des Abstandes (d) aufweist.

15 29. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene nach 28, gekennzeichnet dadurch, daß die Verschiebungsstrecken der leuchtenden Flächenelemente im Array-Raum zumindest annähernd parallel angeordnet sind und so der Konvergenzpunkt (K_1) zumindest annähernd in der Brennebene des Be-
20 leuchtungsobjektivs (1) im Objektraum und im Pupillenzentrum (PZ_{OA}) des Abbildungsobjektivs (2) im Objektraum positioniert ist.

25 30. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene nach mindestens einem der Ansprüche 28 und 29, gekennzeichnet dadurch, daß das leuchtende Array als elektronisch steuerbares Liniengitter mit einer Steuerbarkeit des Ortes der Linien ausgebildet ist.
30

31. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objekto-

berfläche (5) in mindestens einer Szene nach Anspruch
30, gekennzeichnet dadurch, daß die Linien senkrecht zum
Hauptschnitt angeordnet sind, und die Verschiebungs-
strecken der leuchtenden Flächenelemente und so auch der
5 leuchtenden Flächenelemente mit lokalen Extrema der
Leuchtdichte im Array-Raum als Resultat der mechanischen
Bewegung des strukturiert leuchtenden Arrays und der
elektronischen Steuerung des strukturiert leuchtenden
Arrays im Array-Raum gebildet sind und aus diesen Ver-
10 schiebungsstrecken im Array-Raum zumindest näherungswei-
se mindestens ein Streckenbüschel mit einem Konvergenz-
punkt (K_1) gebildet ist und der Konvergenzpunkt (K_1) im
Pupillenzentrum (PZ_{AA}) des Abbildungsobjektivs (2) im
Array-Raum angeordnet ist.

15
32. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objekto-
berfläche (5) in mindestens einer Szene nach mindestens
einem der Ansprüche 28 bis 31, gekennzeichnet dadurch,
daß die Verschiebungsstrecken der leuchtenden Flä-
20 chenelemente zumindest annähernd parallel zu einer defi-
nierten Geraden (g_{AP}) angeordnet sind und die Gerade
(g_{AP}) den Brennpunkt (F_{AB}) des Beleuchtungsobjektivs (1)
im Array-Raum schneidet und den Anstieg mit dem Betrag
aus dem Quotienten „Abstand des Pupillenzentrums (PZ_{OA})
25 der Pupille des Abbildungsobjektivs (2) im Objektraum
von der Achse des Beleuchtungsobjektivs (1) und Brenn-
weite (f_B) des Beleuchtungsobjektivs (1)“ aufweist, wo-
bei dieser Anstieg der Geraden (g_{AP}) auf die Achse des
Beleuchtungsobjektivs (1) bezogen ist.

30
33. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objekto-
berfläche (5) in mindestens einer Szene nach mindestens

5 einem der Ansprüche 28 bis 32, gekennzeichnet dadurch,
daß eine Komponente des Bewegungssystems dem Empfänger-
Array zugeordnet ist und so bei der mechanischen Bewe-
gung des Empfänger-Arrays auf einer Verschiebungsstrecke
dessen Elemente Verschiebungsstrecken (AS_{Aj}) auf paral-
10 lelen Geraden zugeordnet sind, wobei aus den Bildern
(AS_{Oj}) dieser Strecken (AS_{Aj}) bei Abbildung durch das Ab-
bildungsobjektiv (2) zumindest näherungsweise mindestens
ein Streckenbüschel (SB_2) mit einem Konvergenzpunkt (K_2)
im Objektraum gebildet ist, und der Konvergenzpunkt (K_1)
und der Konvergenzpunkt (K_2) mit dem Brennpunkt (F_{OA}) und
dem Pupillenzentrum (PZ_{OA}) der Pupille des Abbildungsob-
15 jektivs (2) im Objektraum zumindest annähernd zur Koin-
zidenz gebracht sind und das Abbildungsobjektiv (2) auf
der Seite des Raumes der Arrays telezentrisch ausgeführt
ist.

34. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objekto-
berfläche (5) in mindestens einer Szene nach mindestens
20 einem der Ansprüche 28 bis 33, gekennzeichnet dadurch,
daß eine Komponente des Bewegungssystems dem Empfänger-
Array zugeordnet ist und so bei der mechanischen Bewe-
gung des Empfänger-Arrays auf einer Verschiebungsstrecke
dessen Elemente Verschiebungsstrecken (AS_{Aj}) auf paral-
25 lelen Geraden zugeordnet sind, wobei aus den Bildern
dieser Strecken bei Abbildung durch das Abbildungsobjek-
tiv (2) zumindest näherungsweise mindestens ein Streck-
kenbüschel (SB_2) mit einem Konvergenzpunkt (K_2) im Ob-
jektraum gebildet ist, und der Konvergenzpunkt (K_1) und
30 der Konvergenzpunkt (K_2) mit dem Brennpunkt (F_{OA}) und dem
Pupillenzentrum (PZ_{OA}) der Pupille des Abbildungsobjek-
tivs (2) im Objektraum zumindest annähernd zur Koinzi-

denz gebracht sind und das Beleuchtungsobjektiv (1) und das Abbildungsobjektiv (2) jeweils auf der Seite des Raumes der Arrays telezentrisch ausgeführt sind und die Achsen des Beleuchtungsobjektivs (1) und des Abbildungsobjektivs (2) parallel zueinander angeordnet sind und die Brennebenen derselben im Objektraum zur Koinzidenz gebracht sind und daß die Komponenten des Bewegungssystems so angeordnet sind, daß für das leuchtende Array eine Gesamtbewegungsrichtung zumindest annähernd parallel zu einer Geraden (g_A) im Array-Raum realisiert ist, so daß die Elemente des strukturiert leuchtenden Arrays sich auf parallelen Geraden zur Geraden (g_A) bewegen und diese Gerade (g_A) mit dem Brennpunkt (F_{AB}) des Beleuchtungsobjektivs (1) im Array-Raum zum Schnitt gebracht ist und den Anstieg mit dem Betrag aus dem Quotienten „Brennweite (f_B) des Beleuchtungsobjektivs (1) und Abstand (d) des Brennpunktes (F_{AA}) des Abbildungsobjektivs (2) im Objektraum von der Achse des Beleuchtungsobjektivs (1)“ aufweist, wobei dieser Anstieg der Geraden (g_A) auf eine achsenkrechte Gerade zur Achse des Beleuchtungsobjektivs (1) bezogen ist.

35. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene nach mindestens einem der Ansprüche 28 bis 34, gekennzeichnet dadurch, daß das strukturierte Array zumindest auf einem Teilbereich einer Scheibe (83) ausgebildet ist, der eine rotatorische Präzisionslagerung mit einer Welle mit einem rotatorischen Motor zugeordnet ist, so daß eine rotierende Scheibe (83) gebildet ist.

36. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objekto-

berfläche (5) in mindestens einer Szene nach Anspruch 35, gekennzeichnet dadurch, daß die rotierende Scheibe (83) mit transparenten Platten-Sektoren unterschiedlicher geometrisch-optischer Dicke ausgebildet ist.

5

37. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene mindestens einem der Ansprüche 28 bis 36, gekennzeichnet dadurch, daß das Empfänger-Array als Farbkamera ausgebildet ist.

10

38. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene nach mindestens einem der Ansprüche 28 bis 37, gekennzeichnet dadurch, daß ein spezielles Empfänger-Array mit RGB-Kanälen angewendet ist und diesem ein vierter Kanal, ein NIR-Kanal, für die Gewinnung der Information für die 3D-Punktwolke zugeordnet ist.

15

39. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene mit mindestens einer Strahlungsquelle (4), wobei diese mittels mindestens eines strukturierten Arrays als mindestens ein strukturiert leuchtendes Array mit mindestens zwei Flächenelementen ausgebildet ist und mindestens ein leuchtendes Flächenelementen gebildet ist, und mit mindestens einem Beleuchtungsstrahlengang mit mindestens einem dem strukturiert leuchtenden Array zugeordneten Beleuchtungsobjektiv (1), welches eine effektive Öffnungsblende mit einer Ausdehnung und einem Blendenzentrum aufweist, zur strukturierten Beleuchtung der Objektoberflächen (5) im Objektraum und mit mindestens einem dem Beleuchtungsstrahlengang zugeordneten Abbildungsstrahlengang für die

20

25

30

Objektoberflächen (5) mit mindestens einem dem Empfänger-Array oder einem Bild desselben zugeordneten Abbildungsobjektiv (2) zur Abbildung der Elemente der Objektoberflächen (5), welches eine effektive Öffnungsblende aufweist, wobei Elemente des mindestens einen Empfänger-Arrays im Aufnahmevergange Strahlung von den Elementen der beleuchteten Objektoberflächen im Objektraum detektieren, und mit einem Abstand des Pupillenzentrums (PZ_{OB}) des Beleuchtungsobjektivs (1) vom Pupillenzentrum (PZ_{OA}) des Abbildungsobjektivs (2), wobei der Abstand mindestens ein Achtel der Ausdehnung der Öffnungsblende des Beleuchtungsobjektivs (1) beträgt, wobei leuchtende Flächenelemente in einer Leuchtdichtevertelung eine zumindest näherungsweise vorherbestimmte Leuchtdichte aufweisen, so daß durch die Abbildung mit dem Beleuchtungsobjektiv (1) mindestens ein Bild eines leuchtenden Flächenelementes im Objektraum gebildet ist, gekennzeichnet dadurch, daß im Objektraum das Schärfevolumen mindestens eines Bildes eines leuchtenden Flächenelementes in einem strukturiert leuchtenden Array - durch die vorbestimmte geometrisch-optische Zuordnung des leuchtenden Flächenelementes zum Beleuchtungsobjektiv und die geometrisch-optische Zuordnung der Elemente des Empfänger-Arrays zum Abbildungsobjektiv und die geometrische Zuordnung von Beleuchtungsobjektiv zum Abbildungsobjektiv - permanent in das Schärfevolumen eingepaßt ist, welches durch die Bilder der Elemente des Empfänger-Arrays im Objektraum dargestellt ist,

40. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene nach 39, gekennzeichnet dadurch, daß das Schärfevolumen, welches durch

- die Bilder der Elemente des Empfänger-Arrays in Strahlausbreitungsrichtung gegeben ist, mindestens eine so große Tiefenausdehnung wie das Schärfevolumen eines einzelnen Bildes eines leuchtenden Flächenelementes aufweist und im Objektraum jeweils ein Bild mindestens eines leuchtenden Flächenelementes eines strukturierten Arrays jeweils einem Bild eines Elementes des Empfänger-Arrays fest zugeordnet ist.
- 5
- 10 41. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene nach mindestens einem der Ansprüche 39 und 40, gekennzeichnet dadurch, daß das strukturierte Array mit mehreren fest in einer räumlichen Struktur angeordneten, leuchtenden Flächenelementen aufgebaut ist.
- 15
42. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene nach mindestens einem der Ansprüche 39 bis 40, gekennzeichnet dadurch, daß das strukturierte Array als ein transparentes Mikrolinsen-Array ausgebildet ist und die Brennweite und die axiale Lage der Mikrolinsen so gestaltet sind, daß deren Foki in einer 3D-Fläche angeordnet sind, die zumindest näherungsweise eine zur Sollfläche optisch konjugierte Fläche darstellt und die Foki der Mikrolinsen zumindest näherungsweise optisch konjugierte Orte der Sollfläche eines Prüflings darstellen.
- 20
- 25
- 30 43. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene nach mindestens einem der Ansprüche 39 bis 41, gekennzeichnet dadurch, daß auf dem strukturierten Array (53) mindestens ein Re-

5 lief mit einer räumlichen Struktur mit mindestens einer
Periode in Form von mindestens einer Rampe (54, 56) mit
mindestens einer in der Ausgleichsfläche schrägen Ram-
penfläche (55, 57) gebildet ist und auf der schrägen
Rampenfläche (55, 57) leuchtende Flächenelemente als von
der Strahlungsquelle (4) beleuchtete Fensterflächen an-
geordnet sind und die Rampenflächen (55, 57) so geneigt
sind, daß die Ausgleichsgerade (AG_{Aj}) durch die schräge
Rampenfläche (55, 57) im Hauptschnitt nach Abbildung
10 durch das Beleuchtungsobjektiv (1) im Objektraum als
Bild eine Gerade (AG_{Oj}) liefert, die zumindest näher-
ungsweise auf das Pupillenzentrum (PZ_{OA}) des Abbil-
dungsobjektivs (2) zielt, wobei für mehrere verschiedene
Ausgleichsgeraden (AG_{Oj}) von mehreren verschiedenen Ram-
pen (54, 56) nach deren Abbildung durch das Beleuch-
15 tungsobjektiv (1) aus deren Bildern ein Geradenbündel
(B_1) mit einem Konvergenzpunkt (K_1) gebildet ist und der
Konvergenzpunkt (K_1) zumindest näherungsweise im Pupil-
lenzentrum (PZ_{OA}) des Abbildungsobjektivs (2) zur Koin-
zidenz gebracht ist.
20

44. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objekto-
berfläche (5) in mindestens einer Szene nach Anspruch
43, gekennzeichnet dadurch, daß die leuchtenden Flä-
25 chenelemente als Binär-Code-Muster angeordnet sind.

45. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objekto-
berfläche (5) in mindestens einer Szene mit zwei Abbil-
dungsstrahlengängen mit zwei zumindest näherungsweise
30 baugleichen, parallel angeordneten Abbildungsobjektiven
(2, 33), einem ersten Abbildungsobjektiv (2) und einem
zweiten Abbildungsobjektiv (33), wobei die Hauptebenen

- der beiden Abbildungsobjektive (2, 33) zur Koinzidenz gebracht sind und jedem derselben je ein Empfänger-Array zugeordnet ist, so daß ein erstes und ein zweites Empfänger-Array angeordnet sind, gekennzeichnet dadurch, daß dem ersten und dem zweiten Empfänger-Array mindestens je ein Bewegungssystem zugeordnet ist und die resultierende Bewegung des ersten Empfänger-Arrays auf einer Strecke auf dem ersten oberen Ast eines Buchstabens Y erfolgt, und die Strecke parallel zu einer Geraden (g_{A1P}) liegt, die zum einen den Brennpunkt des ersten Abbildungsobjektivs (2) im Array-Raum schneidet und andererseits den Durchstoßpunkt (P_A) der Symmetrieachse zwischen den beiden optischen Achsen der beiden Abbildungsobjektive (2, 33) durch die zusammenfallenden Hauptebenen schneidet, wobei ein Teil der Symmetrielinie den unteren Teil des Buchstabens Y bildet und die resultierende Bewegung des zweiten Empfänger-Arrays auf einer Strecke auf dem zweiten oberen Ast des Buchstabens Y erfolgt, und die Strecke parallel zu einer Geraden (g_{A2P}) liegt, die zum einen den Brennpunkt des zweiten Abbildungsobjektivs (33) im Array-Raum schneidet und andererseits den Durchstoßpunkt (P_A) der Symmetrielinie durch die zusammenfallenden Hauptebenen schneidet.
46. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene mit zwei Abbildungsstrahlengängen mit zwei zumindest näherungsweise baugleichen, parallel angeordneten Abbildungsobjektiven (2,33), einem ersten Abbildungsobjektiv (2) und einem zweiten Abbildungsobjektiv (33), wobei die Hauptebenen der beiden Abbildungsobjektive (2, 33) zu Koinzidenz gebracht sind und jedem derselben je ein Empfänger-Array

mit Elementen zugeordnet ist, so daß ein erstes und ein zweites Empfänger-Array angeordnet sind, gekennzeichnet dadurch, daß dem ersten und dem zweiten Empfänger-Array mindestens je ein Bewegungssystem zugeordnet ist und die resultierende Bewegung des ersten Empfänger-Arrays auf einer Strecke parallel zur optischen Achse des ersten Abbildungsobjektivs (2) erfolgt, und genau die Elemente des ersten Empfänger-Arrays ausgelesen werden und aus diesen ein Signalverlauf gebildet wird, welche sich auf Strecken (AS_{A1j}) befinden, die parallel zu einer Geraden (g_{A1P}) liegen, die zum einen den Brennpunkt des ersten Abbildungsobjektivs (2) im Array-Raum schneidet und andererseits den Durchstoßpunkt (P_A) der Symmetrieachse zwischen den beiden optischen Achsen der beiden Abbildungsobjektive (2, 33) durch die zusammenfallenden Hauptebenen schneidet, wobei ein Teil der Symmetrielinie den unteren Teil eines Buchstabens Y bildet und die resultierende Bewegungsrichtung des zweiten Empfänger-Array auf einer Strecke parallel zur optischen Achse des zweiten Abbildungsobjektivs (33) erfolgt, und genau die Elemente des zweiten Empfänger-Arrays ausgelesen werden und aus diesen ein Signalverlauf gebildet wird, welche sich auf Strecken befinden, die parallel zu einer Geraden (g_{A2P}) liegen, die zum einen den Brennpunkt des zweiten Abbildungsobjektivs (2) im Array-Raum schneidet und andererseits den Durchstoßpunkt (P_A) der Symmetrieachse durch die zusammenfallenden Hauptebenen schneidet.

47. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer beleuchteten Szene mit zwei Abbildungsstrahlengängen mit zwei zumindest näherungsweise baugleichen, zumindest näherungsweise paral-

10
15
20
25
30

lel angeordneten Abbildungsobjektiven einem ersten Abbildungsobjektiv und einem zweiten Abbildungsobjektiv, wobei die Hauptebenen der beiden Abbildungsobjektive zumindest näherungsweise zur Koinzidenz gebracht sind, wobei das Pupillenzentrum des ersten Abbildungsobjektivs im Abstand (d) vom Pupillenzentrum des zweiten Abbildungsobjektivs angeordnet ist, und jedem derselben je ein Empfänger-Array mit detektierenden Elementen zugeordnet ist, so daß ein erstes und ein zweites Empfänger-Array angeordnet sind, gekennzeichnet dadurch, daß das erste und das zweite Empfänger-Array zumindest näherungsweise jeweils senkrecht zum Hauptschnitt angeordnet sind, und die Empfängerfläche des ersten Empfänger-Arrays zumindest näherungsweise so angeordnet ist, daß diese die Strecke enthält, die auf dem ersten oberen Ast eines Buchstabens Y angeordnet ist, und die Strecke zumindest näherungsweise parallel zu einer Geraden angeordnet ist, die zum einen den Brennpunkt des ersten Abbildungsobjektivs im Array-Raum schneidet und andererseits den Durchstoßpunkt der Symmetrielinie zwischen den beiden optischen Achsen der beiden Abbildungsobjektive durch die zusammenfallenden Hauptebenen zumindest näherungsweise schneidet, wobei ein Teil der Symmetrielinie den unteren Teil des Buchstabens Y bildet und die Empfängerfläche des zweiten Empfänger-Arrays zumindest näherungsweise so angeordnet ist, daß diese die Strecke enthält, die auf dem zweiten oberen Ast des Buchstabens Y angeordnet ist, und die Strecke parallel zu einer Geraden angeordnet ist, die zum einen den Brennpunkt des zweiten Abbildungsobjektivs im Array-Raum schneidet und andererseits den Durchstoßpunkt der Symmetrielinie durch die zusammenfallenden Hauptebenen zumindest näherungsweise schneidet und so mindestens aus Bildern von Teilen der

beiden Empfängerflächen im Objektraum mindestens ein Paar von zumindest näherungsweise optisch konjugierten Bildern gebildet ist.

- 5 48. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer beleuchteten Szene mit mindestens zwei Abbildungsstrahlengängen mit zwei Abbildungsobjektiven, einem ersten (33) und einem zweiten Abbildungsobjektiv (2), wobei das Pupillenzentrum des ersten Abbildungsobjektivs (33) im Abstand (d) vom Pupillenzentrum des zweiten Abbildungsobjektiv (2) angeordnet ist, und jedem derselben je ein Empfänger-Array, zugeordnet ist, so daß ein erstes (106) und ein zweites Empfänger-Array (114) angeordnet sind, gekennzeichnet dadurch, daß das erste und das zweite Empfänger-Array räumlich strukturiert sind und mindestens je zwei Empfängerflächen auf räumlich getrennten Flächen aufweisen und die Empfängerflächen (107, 108) des ersten Empfänger-Arrays (106) und die Empfängerflächen (109, 110) des zweiten Empfänger-Arrays jeweils (114) so angeordnet sind, daß zumindest näherungsweise Paare von optisch konjugierten Bildern zumindest von Teilen von Empfängerflächen des ersten Empfänger-Arrays (106) sowie von Teilen der Empfängerflächen des zweiten Empfänger-Arrays (114) im Objektraum gebildet sind.
49. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene nach mindestens einem der Ansprüche 28 bis 48, gekennzeichnet dadurch, daß das Empfänger-Array als CCD-Matrix-Kamera (6) ausgebildet ist.

50. Anordnung zur 3D-Aufnahme von mindestens einer Objektoberfläche (5) in mindestens einer Szene nach mindestens einem der Ansprüche 28 bis 49, gekennzeichnet dadurch, daß das Empfänger-Array als CMOS-Matrix-Kamera ausgebildet ist.

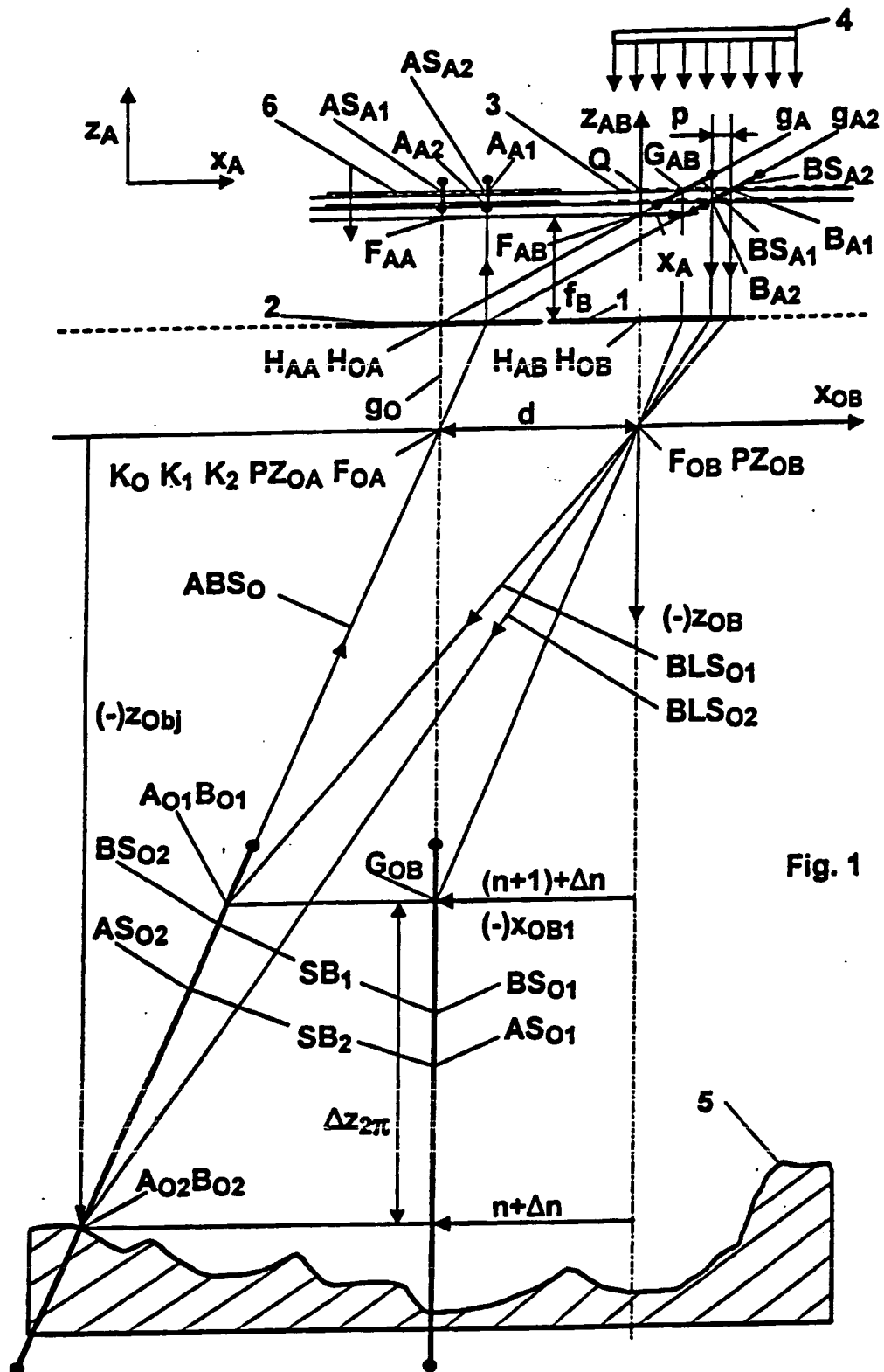


Fig. 1

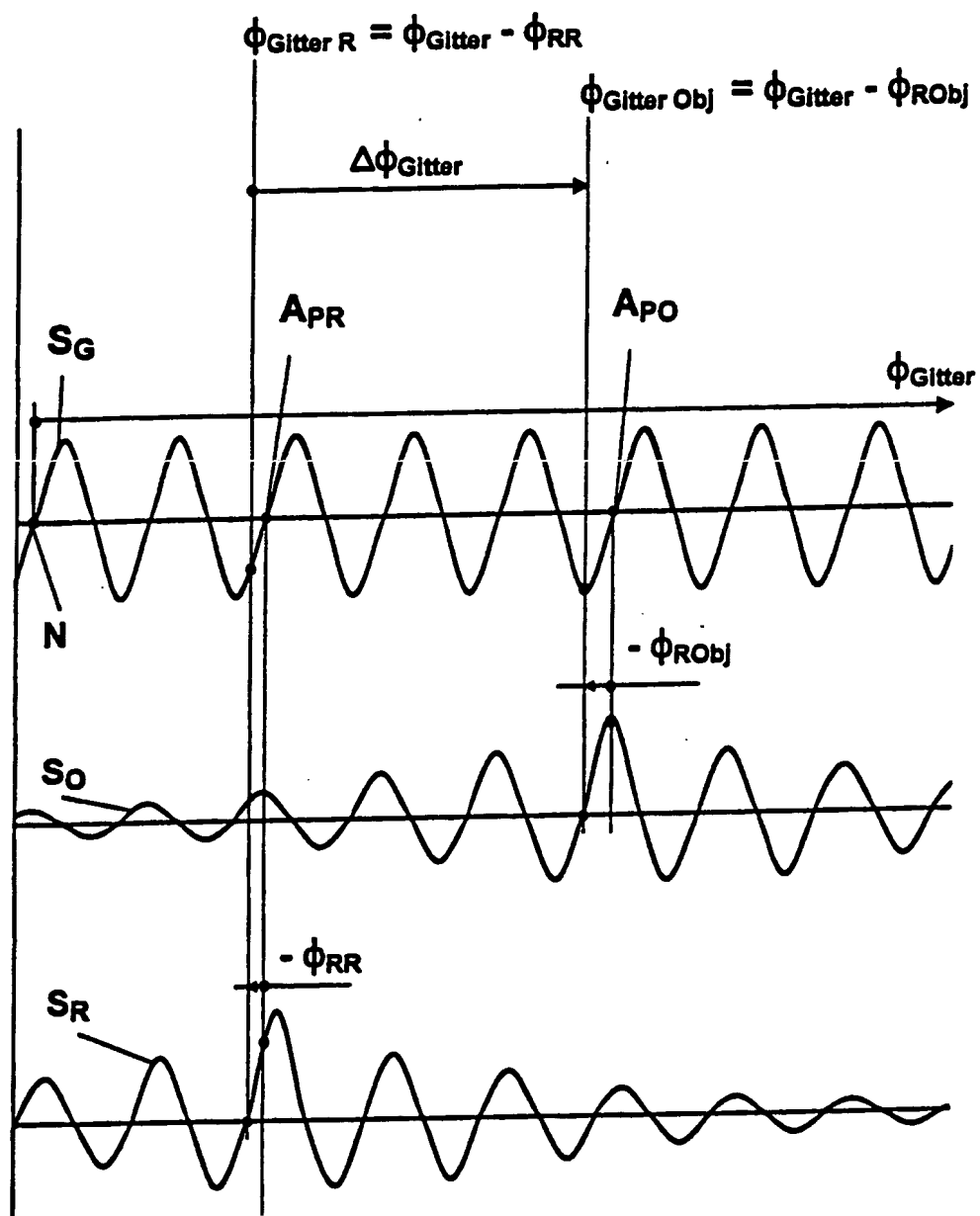


Fig. 2

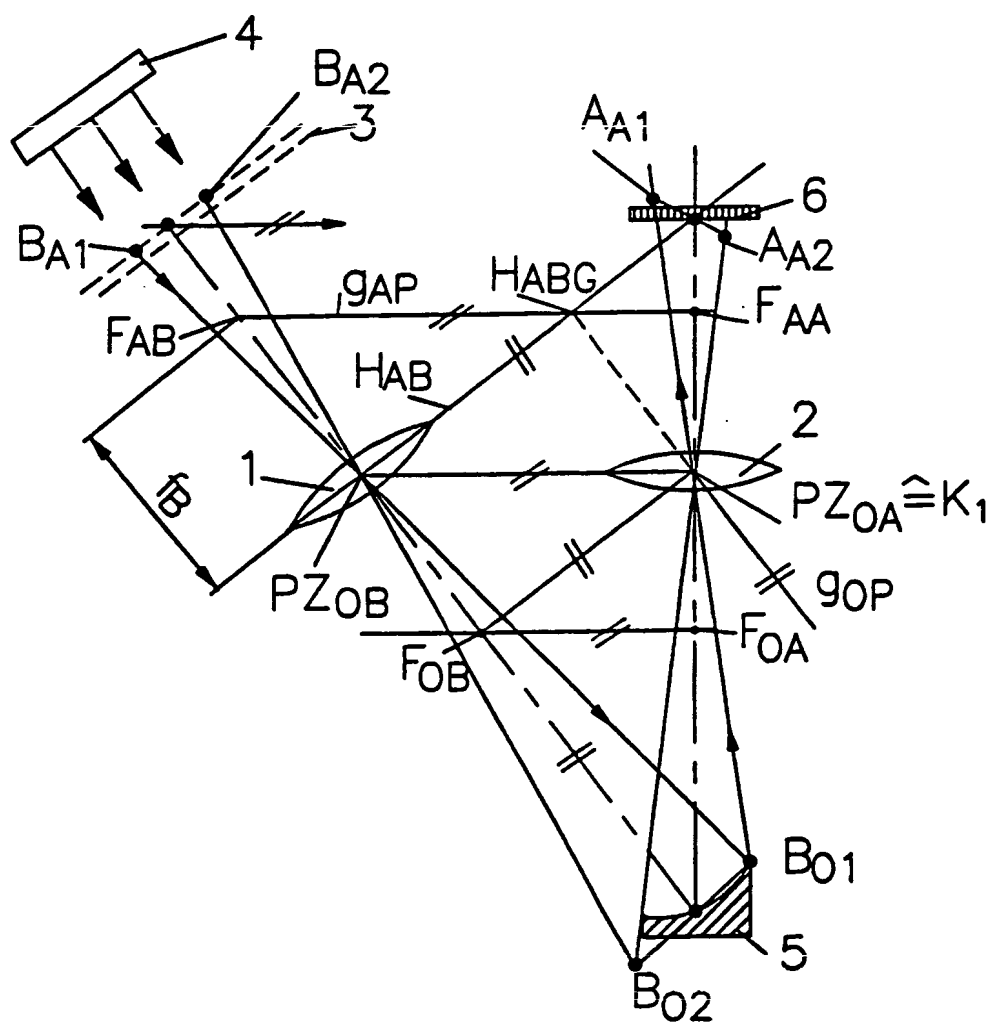


Fig.3

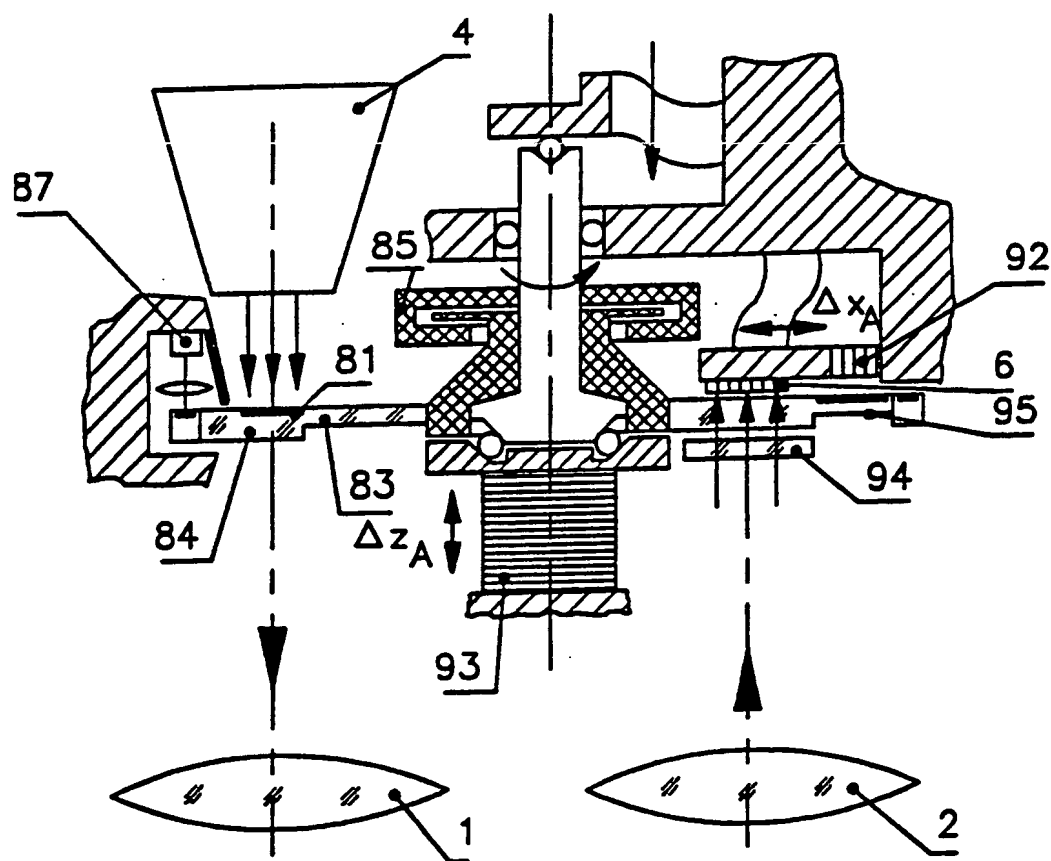
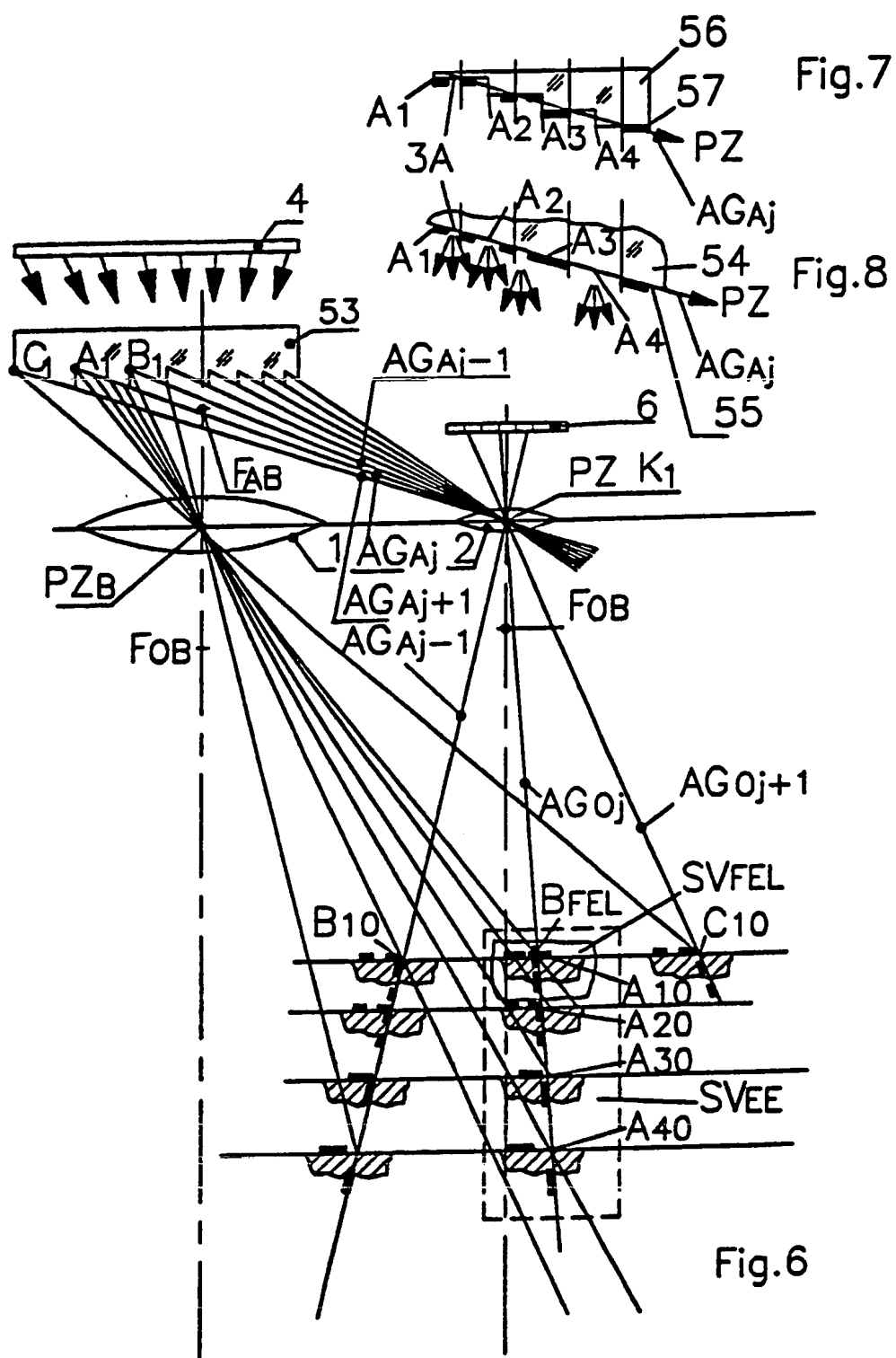


Fig.5





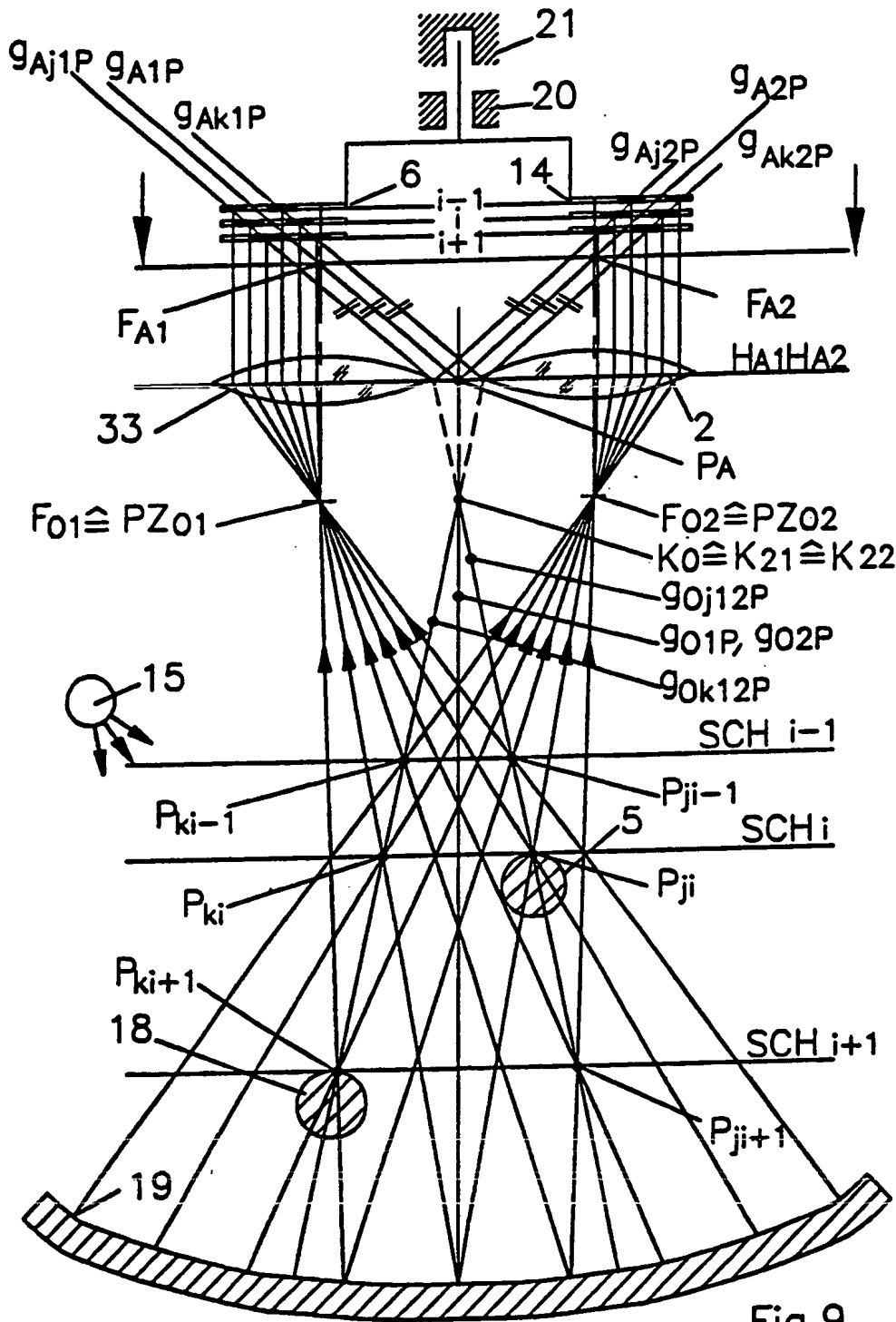


Fig.9

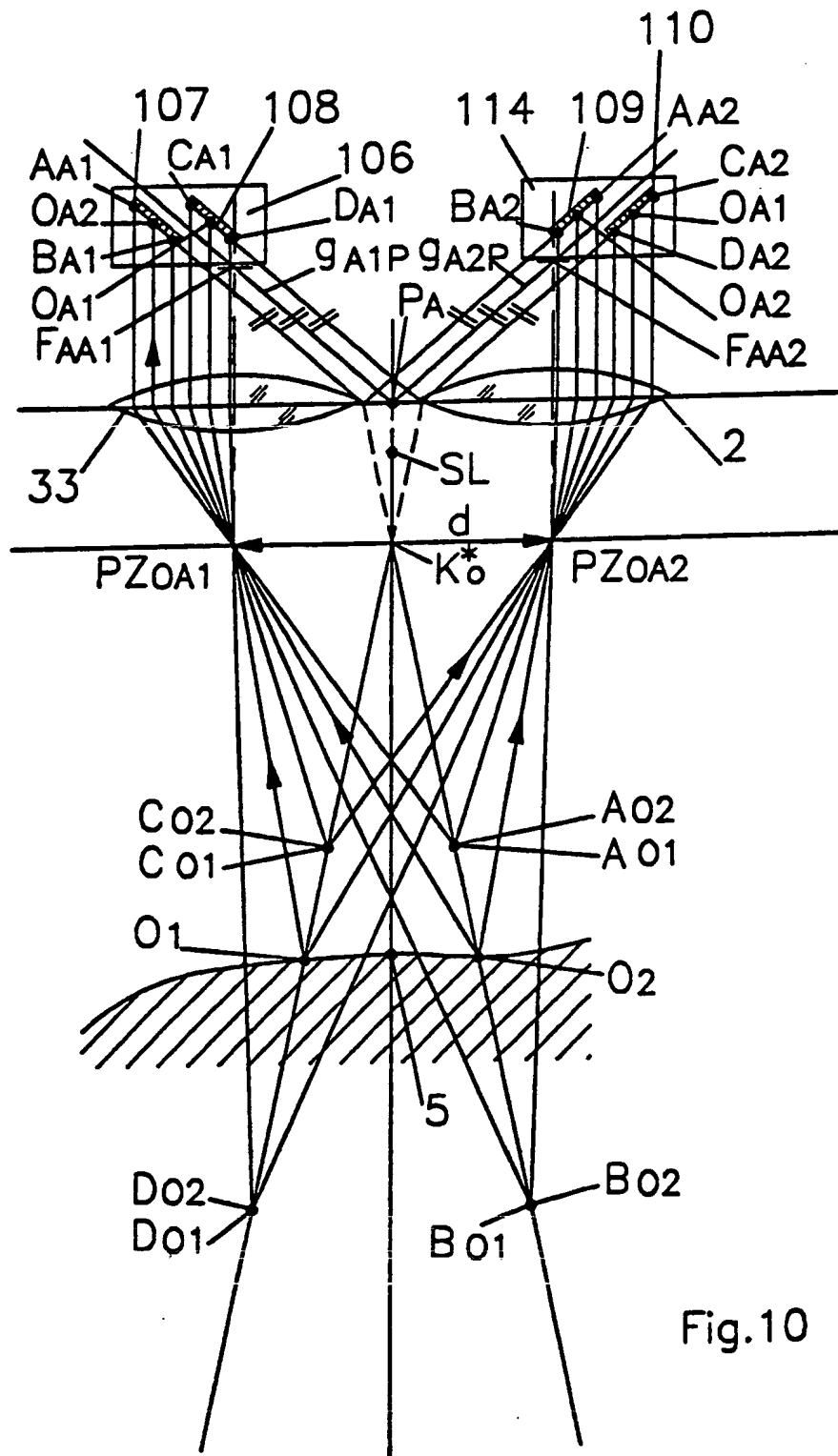


Fig. 11d

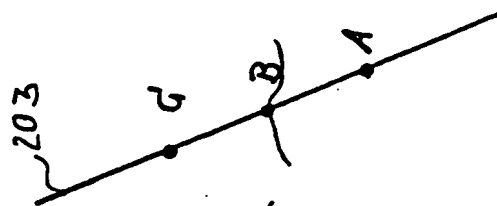


Fig. 11c

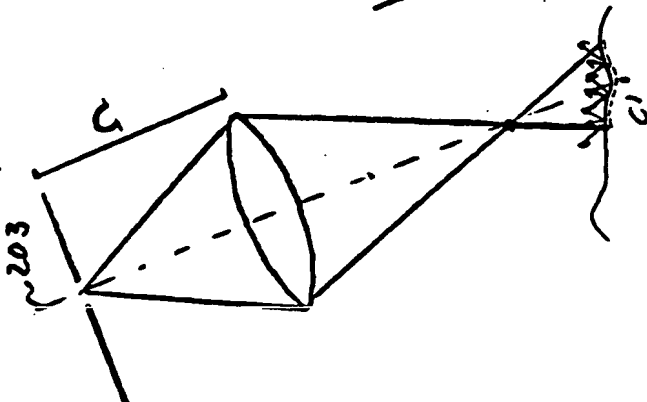


Fig. 11b

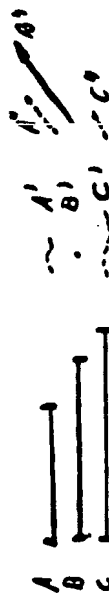
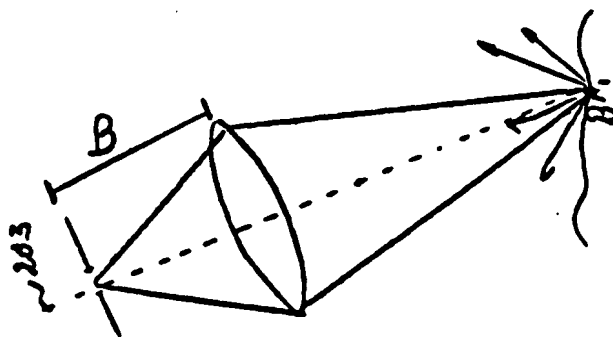
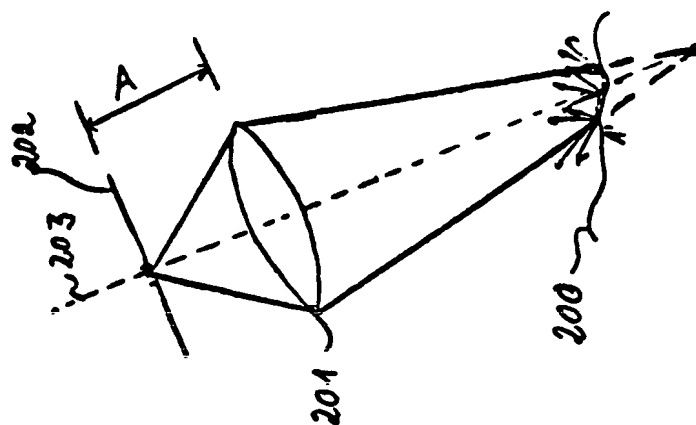
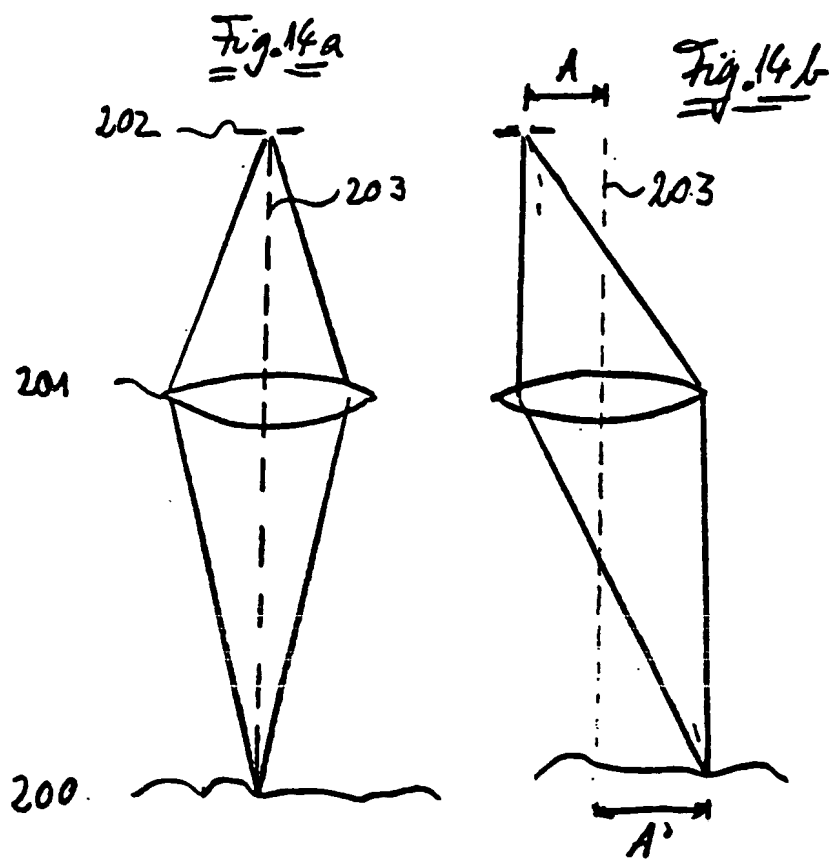
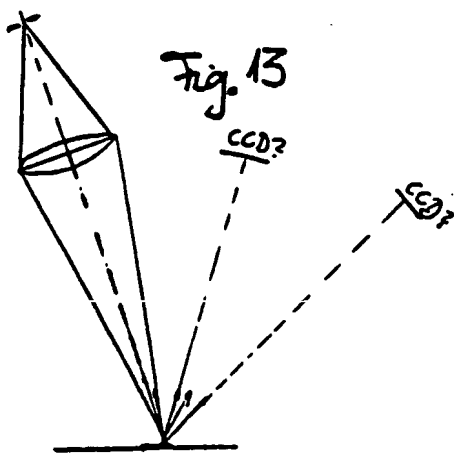
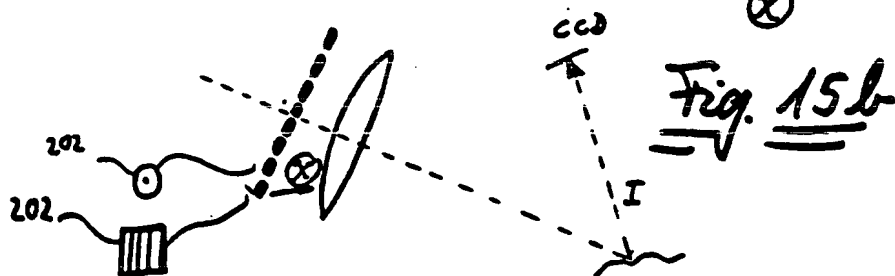
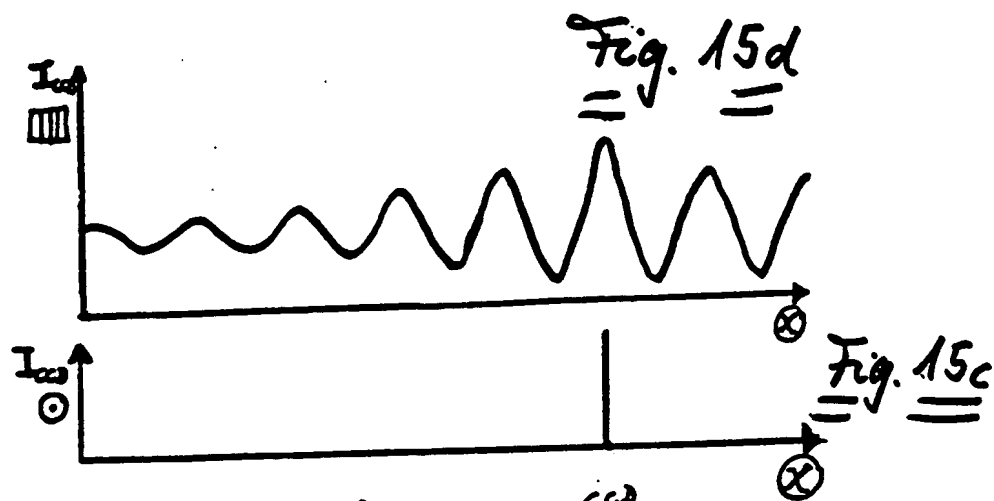
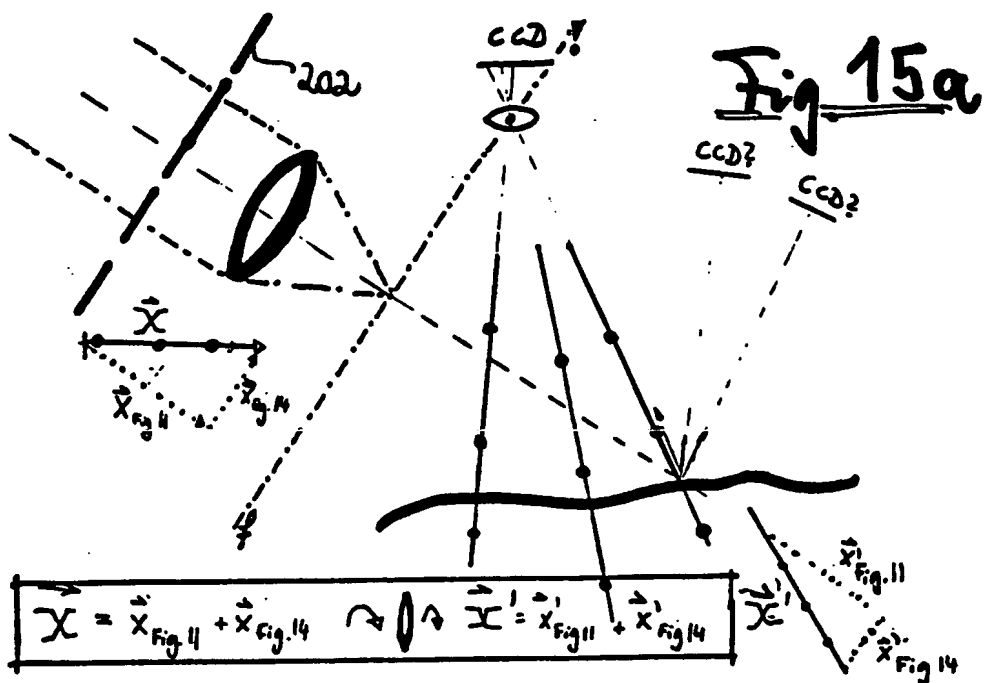


Fig. 12

Fig. 11a







INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In. application No

PCT/DE 00/00991

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01B11/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 003 166 A (B. GIROD) 26 March 1991 (1991-03-26) column 6, line 61 -column 15, line 23; figures 1-12	1
A	US 4 689 480 A (H. STERN) 25 August 1987 (1987-08-25) column 2, line 15 -column 5, line 33; figures 1-8	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

*** Special categories of cited documents:**

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 August 2000

Date of mailing of the international search report

08/08/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Visser, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

In International Application No

PCT/DE 00/00991

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5003166 A	26-03-1991	NONE	
US 4689480 A	25-08-1987	NONE	

PCT/DE 00/00991

IPK 7 G01B11/24

B. BEFORSCHTE GEBIETE

IPK 7 G01B

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
-----------	--	--------------------

Siehe Anhang Patentfamilie

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Visser, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/00991

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5003166 A	26-03-1991	KEINE	
US 4689480 A	25-08-1987	KEINE	

Translation

PATENT COOPERATION TREATY

ET

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference TIZO1/PCT	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/DE00/00991	International filing date (day/month/year) 01 April 2000 (01.04.00)	Priority date (day/month/year) 29 April 1999 (29.04.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G01B 11/24		
Applicant UNIVERSITÄT STUTTGART		

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>5</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of _____ sheets.</p>
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input checked="" type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p>

Date of submission of the demand 24 October 2000 (24.10.00)	Date of completion of this report 19 July 2001 (19.07.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE00/00991

I. Basis of the report

1. With regard to the **elements** of the international application:*

- ☐ the international application as originally filed
- ☒ the description:
pages _____ 1-61 _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☒ the claims:
pages _____ 1-50 _____, as originally filed
pages _____, as amended (together with any statement under Article 19
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☒ the drawings:
pages _____ 1/11-11/11 _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the sequence listing part of the description:
pages _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the **language**, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.
These elements were available or furnished to this Authority in the following language _____ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE00/00991

III. Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability

1. The questions whether the claimed invention appears to be novel, to involve an inventive step (to be non obvious), or to be industrially applicable have not been examined in respect of:

☒ the entire international application.

☐ claims Nos. _____

because:

☐ the said international application, or the said claims Nos. _____
relate to the following subject matter which does not require an international preliminary examination (*specify*):

☒ the description, claims or drawings (*indicate particular elements below*) or said claims Nos. _____ 1-50
are so unclear that no meaningful opinion could be formed (*specify*):

SEE SEPARATE SHEET

☐ the claims, or said claims Nos. _____ are so inadequately supported
by the description that no meaningful opinion could be formed.

☐ no international search report has been established for said claims Nos. _____

2. A meaningful international preliminary examination cannot be carried out due to the failure of the nucleotide and/or amino acid sequence listing to comply with the standard provided for in Annex C of the Administrative Instructions:

☐ the written form has not been furnished or does not comply with the standard.

☐ the computer readable form has not been furnished or does not comply with the standard.

Supplemental Box

(To be used when the space in any of the preceding boxes is not sufficient)

Continuation of: III.1

1. The application comprises ten independent claims, six of which begin with the wording "device for..." or "arrangement for..." and four with the wording "process for...". The independent claims have been drafted with the frequent use of abstract formulations such as "elementary means", vague formulations such as "images are always formed in the object space with a geometrical-optical focal volume" and logical expressions such as "at least to one". Moreover, both the device claims and the process claims frequently use passive grammatical structures such as "... wherein... through... are formed", "... a displacement is experienced", "... at least approximately corresponds", owing to which the structural features in the device claims or the activities in the device claims for which protection is sought are not clear.
2. Objectively, the independent claims appear to overlap only insofar as they relate to the detection of three-dimensional objects using at least two imaging optics and generation of a movement. However, this generally represents the conventional prior art (see e.g. EP-A-0 679 864 or US-A-4 689 480). With respect to the indicated movement, the present claims leave the question open as to whether a physical element is mechanically moved, a sequence of light effects is produced as virtual movement or a movement is only simulated by specific time control of detector array reading sequences. The individual

Supplemental Box

(To be used when the space in any of the preceding boxes is not sufficient)

Continuation of: III.1

independent claims appear to contain particular points of emphasis with respect to the use of particular "focal volumes", temporal coincidences of events, the staggering of mechanical and electrical events or the arrangement of focal points relative to pre-set optical axes.

3. In light of the unspecific problem indicated in the application ("to provide something novel for industrial application" (page 3, lines 9-10) and the situation described above, it is not possible, even taking special account of pages 40-44 of the description and Figures 11-15, to determine what the invention is directed at and which structural elements or process steps produce the technical effect achieved by the invention. Establishment of an expert report with respect to the requirements for novelty (PCT Article 33(2)) and inventive step (PCT Article 33(3)) is therefore not possible. Moreover, it cannot be determined whether the application satisfies the requirement for unity of invention (PCT Rule 13(1) and (2)).

VERTRAG ÜBER INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

REC'D 23 JUL 2001

WIPO

PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)



Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts TIZO1/PCT	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/00991	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 01/04/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 29/04/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK G01B11/24		
Anmelder UNIVERSITÄT STUTTGART et al.		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
 - ☐ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☒ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☐ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☐ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 24/10/2000	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 19.07.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 4465	Bevollmächtigter Bediensteter Gerken, S 

I. Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigefügt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):
Beschreibung, Seiten:

1-61 ursprüngliche Fassung

Patentansprüche, Nr.:

1-50 ursprüngliche Fassung

Zeichnungen, Blätter:

1/11-11/11 ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

INTERNATIONALER VORLAUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/00991

- ☐ Beschreibung, Seiten:
- ☐ Ansprüche, Nr.:
- ☐ Zeichnungen, Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

III. Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit

1. Folgende Teile der Anmeldung wurden nicht daraufhin geprüft, ob die beanspruchte Erfindung als neu, auf erfinderischer Tätigkeit beruhend (nicht offensichtlich) und gewerblich anwendbar anzusehen ist:

- ☒ die gesamte internationale Anmeldung.
- ☐ Ansprüche Nr. .

Begründung:

- ☐ Die gesamte internationale Anmeldung, bzw. die obengenannten Ansprüche Nr. beziehen sich auf den nachstehenden Gegenstand, für den keine internationale vorläufige Prüfung durchgeführt werden braucht (*genaue Angaben*):
- ☒ Die Beschreibung, die Ansprüche oder die Zeichnungen (*machen Sie hierzu nachstehend genaue Angaben*) oder die obengenannten Ansprüche Nr. 1-50 sind so unklar, daß kein sinnvolles Gutachten erstellt werden konnte (*genaue Angaben*):
siehe Beiblatt
- ☐ Die Ansprüche bzw. die obengenannten Ansprüche Nr. sind so unzureichend durch die Beschreibung gestützt, daß kein sinnvolles Gutachten erstellt werden konnte.
- ☐ Für die obengenannten Ansprüche Nr. wurde kein internationaler Recherchenbericht erstellt.

2. Eine sinnvolle internationale vorläufige Prüfung kann nicht durchgeführt werden, weil das Protokoll der Nukleotid- und/oder Aminosäuresequenzen nicht dem in Anlage C der Verwaltungsvorschriften vorgeschriebenen Standard entspricht:

- ☐ Die schriftliche Form wurde nicht eingereicht bzw. entspricht nicht dem Standard.
- ☐ Die computerlesbare Form wurde nicht eingereicht bzw. entspricht nicht dem Standard.

Zu Punkt III

Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit

1. Die Anmeldung umfaßt zehn unabhängige Ansprüche, wobei sechs dieser Ansprüche durch die Formulierung "Vorrichtungen zur" bzw. "Anordnung zur" und vier der Ansprüche durch die Formulierung "Verfahren zum" eingeleitet sind. Die unabhängigen Ansprüche sind unter häufiger Verwendung von abstrakten Formulierungen wie "Elementarmittel", vagen Formulierungen wie "stets auch Bilder im Objektraum mit einem geometrisch-optischen Schärfevolumen gebildet werden" und logischen Ausdrücken wie "mindestens einem" abgefaßt. Darüber hinaus sind sowohl die Vorrichtungs-, als auch die Verfahrensansprüche unter häufiger Verwendung von grammatikalisch passivischen Konstruktionen wie ".... wobei ... durch gebildet werden"; "..... eine Verschiebung erfährt", ".... zumindest annähernd entspricht" abgefaßt, so dass nicht deutlich wird, für welche strukturellen Merkmale bei den Vorrichtungsansprüchen bzw. für welche Aktivitäten bei den Verfahrensansprüchen Schutz begehrt wird.
2. Sachlich scheinen die unabhängigen Ansprüche nur insoweit zu überlappen, als sie sich auf die Erfassung von dreidimensionalen Objekten unter Verwendung mindestens zweier Abbildungsoptiken sowie die Generierung einer Bewegung beziehen. Dies ist jedoch allgemein üblicher Stand der Technik (siehe z.B. EP-A-0 679 864 oder US-A-4,689,480). Bezüglich der genannten Bewegung bleibt bei den vorliegenden Ansprüchen offen, ob ein körperliches Element mechanisch bewegt werden soll, eine Abfolge von Lichteffekten als virtuelle Bewegung erzeugt werden soll, oder durch gezielte zeitliche Kontrolle von Auslesesequenzen eines Detektorarrays eine Bewegung lediglich simuliert werden soll. Die einzelnen unabhängigen Ansprüche scheinen besondere Schwerpunkte bezüglich der Nutzung besonderer "Schärfevolumina", zeitlicher Koinzidenzen von Ereignissen, der Staffelung mechanischer und elektrischer Ereignisse oder der Anordnung von Brennpunkten bezüglich vorgegebener optischer Achsen zu haben.
3. Angesichts der in der Anmeldung genannten unspezifischen Aufgabe "Neues für

die gewerbliche Anwendung bereitzustellen" (Seite 3, Zeilen 9-10) sowie der oben dargestellten Situation ist es selbst bei besonderer Berücksichtigung der Seiten 40 bis 44 der Beschreibung sowie der Figuren 11 bis 15 nicht möglich, festzustellen, worauf die Erfindung abzielt und durch welche strukturellen Elemente bzw. Verfahrensschritte der durch die Erfindung erzielte technische Effekt bedingt sein soll. Eine Erstellung eines Gutachtens bezüglich der Erfordernisse der Neuheit (Art. 33(2) PCT) und erfinderischen Tätigkeit (Art. 33(3) PCT) ist daher nicht möglich. Darüber hinaus ist nicht feststellbar, ob die Anmeldung dem Erfordernis der Einheitlichkeit der Erfindung (Regel 13(1) und (2) PCT) genügt.

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts TIZ01/PCT	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE 00/ 00991	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 01/04/2000	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 29/04/1999
Anmelder UNIVERSITÄT STUTTGART		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 2 Blätter.



Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

- a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.



Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

- b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das



in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.



zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.



bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.



bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.



Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.



Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2.



Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3.



Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der **Bezeichnung der Erfindung**



wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.



wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

5. Hinsichtlich der **Zusammenfassung**



wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.



wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 1



wie vom Anmelder vorgeschlagen



keine der Abb.



weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.



weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PC 00/00991

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01B11/24

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 003 166 A (B. GIROD) 26. März 1991 (1991-03-26) Spalte 6, Zeile 15 - Spalte 15, Zeile 23; Abbildungen 1-12	1
A	US 4 689 480 A (H. STERN) 25. August 1987 (1987-08-25) Spalte 2, Zeile 15 - Spalte 5, Zeile 33; Abbildungen 1-8	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. August 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

08/08/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2

NL - 2280 HV Rijswijk

Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,

Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Visser, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inform

patent family members

International Application No

PCT 00/00991

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
---	---------------------	----------------------------	---------------------

US 5003166 A 26-03-1991 NONE

US 4689480 A 25-08-1987 NONE

